Normalización - Parte 02

2C -2023

Normalización - Marco General

- **Normalización 1era. Parte**
  - Concepto DF
  - Problemas de DF y cómo eliminarlos por medio del método de descomposición
  - 1FN, 2FN, 3FN, BCFN
- **Normalización 2da. Parte**
  - Inferencia de DF
  - Conceptos nuevos: clausura, equivalencia y cubrimiento mínimo
  - Propiedades de la descomposición
  - Algoritmos para el diseño de esquemas

Normalización - Reglas de Inferencia

- Diseñador de BD especifica DF semánticamente obvias
- Existencia de DF no especificadas que pueden ser inferidas

Normalización - Reglas de Inferencia

- Diseñador de BD especifica DF semánticamente obvias
- Existencia de DF no especificadas que pueden ser inferidas
- **Ejemplo.**
    - $R=\{E\_CUIL, Nro\_Depto, D\_Nombre\}$
    - $F=\{E\_CUIL \rightarrow Nro\_Depto, Nro\_Depto \rightarrow D\_Nombre\}$

Normalización - Reglas de Inferencia

- Diseñador de BD especifica DF semánticamente obvias
- Existencia de DF no especificadas que pueden ser inferidas
- **Ejemplo.**
  - $R=\{E\_CUIL, Nro\_Depto, D\_Nombre\}$
  - $F=\{E\_CUIL \rightarrow Nro\_Depto, Nro\_Depto \rightarrow D\_Nombre\}$
  - De ambas DFs se puede inferir que $E\_CUIL \rightarrow D\_Nombre$

Normalización - Reglas de Inferencia

- Diseñador de BD especifica DF semánticamente obvias
- Existencia de DF no especificadas que pueden ser inferidas
- **Ejemplo.**
  - $R=\{E\_CUIL, Nro\_Depto, D\_Nombre\}$
  - $F=\{E\_CUIL \rightarrow Nro\_Depto, Nro\_Depto \rightarrow D\_Nombre\}$
  - De ambas DFs se puede inferir que $E\_CUIL \rightarrow D\_Nombre$
- **Inferencia.** Una DF $X \rightarrow Y$ es **inferida de** o **implicada por** un conjunto de DFs F de R si se cumple $X \rightarrow Y$ en toda instancia legal $r(R)$. Es decir, siempre que $r(R)$ satisface F, se cumple $X \rightarrow Y$

Normalización - Reglas de Inferencia

- Diseñador de BD especifica DF semánticamente obvias
- Existencia de DF no especificadas que pueden ser inferidas
- **Ejemplo.**
  - $R = \{E\_CUIL, Nro\_Depto, D\_Nombre\}$
  - $F = \{E\_CUIL \rightarrow Nro\_Depto, Nro\_Depto \rightarrow D\_Nombre\}$
  - De ambas DFs se puede inferir que $E\_CUIL \rightarrow D\_Nombre$
- **Inferencia.** Una DF $X \rightarrow Y$ es **inferida de** o **implicada por** un conjunto de DFs F de R si se cumple $X \rightarrow Y$ en toda instancia legal $r(R)$. Es decir, siempre que $r(R)$ satisface F, se cumple $X \rightarrow Y$
- **Clausura.** Conjunto de todas las DFs de F más todas las DFs que puedan ser inferidas de F. Se denota como F^+
  - $R = \{E\_CUIL, Nro\_Depto, D\_Nombre\}$
  - $F = \{E\_CUIL \rightarrow Nro\_Depto, Nro\_Depto \rightarrow D\_Nombre\}$
  - $F^+ = \{E\_CUIL \rightarrow Nro\_Depto, Nro\_Depto \rightarrow D\_Nombre, E\_CUIL \rightarrow D\_Nombre, \ldots\}$
- **Necesidad.** Para calcular F^+ es necesario un método: Reglas de inferencia

Normalización - Reglas de Inferencia (Cont.)

- **Reglas de Inferencia.** Propuestas por Armstrong (1974) y conocidas como **"Axiomas de Armstrong"**
  - **RI1 (regla reflexiva).** Si $Y \subseteq X$, entonces $X \rightarrow Y$
  - **RI2 (regla de incremento).** $\{X \rightarrow Y\} \models XZ \rightarrow YZ$
  - **RI3 (regla transitiva).** $\{X \rightarrow Y, Y \rightarrow Z\} \models X \rightarrow Z$

Normalización - Reglas de Inferencia (Cont.)

- **Reglas de Inferencia.** Propuestas por Armstrong (1974) y conocidas como **"Axiomas de Armstrong"**
  - **RI1 (regla reflexiva).** Si $Y \subseteq X$, entonces $X \rightarrow Y$
  - **RI2 (regla de incremento).** $\{X \rightarrow Y\} \models XZ \rightarrow YZ$
  - **RI3 (regla transitiva).** $\{X \rightarrow Y, Y \rightarrow Z\} \models X \rightarrow Z$
- **Demostración RI1.**

Normalización - Reglas de Inferencia (Cont.)

- **Reglas de Inferencia.** Propuestas por Armstrong (1974) y conocidas como **"Axiomas de Armstrong"**
  - **RI1 (regla reflexiva).** Si $Y \subseteq X$, entonces $X \to Y$
  - **RI2 (regla de incremento).** $\{X \to Y\} \models XZ \to YZ$
  - **RI3 (regla transitiva).** $\{X \to Y, Y \to Z\} \models X \to Z$
- **Demostración RI1.** Supuestos
  - $Y \subseteq X$
  - t_1, t_2 existen en una instancia $r(R)$ tal que $t_1[X] = t_2[X]$

  Entonces, $t_1[Y] = t_2[Y]$ dado que $Y \subseteq X$; por lo tanto $X \to Y$ en r.

Normalización - Reglas de Inferencia (Cont.)

- **Reglas de Inferencia.** Propuestas por Armstrong (1974) y conocidas como **"Axiomas de Armstrong"**
  - **RI1 (regla reflexiva).** Si $Y \subseteq X$, entonces $X \rightarrow Y$
  - **RI2 (regla de incremento).** $\{X \rightarrow Y\} \models XZ \rightarrow YZ$
  - **RI3 (regla transitiva).** $\{X \rightarrow Y, Y \rightarrow Z\} \models X \rightarrow Z$
- **Demostración RI1.** Supuestos
  - $Y \subseteq X$
  - t_1, t_2 existen en una instancia $r(R)$ tal que $t_1[X] = t_2[X]$

  Entonces, $t_1[Y] = t_2[Y]$ dado que $Y \subseteq X$; por lo tanto $X \rightarrow Y$ en r.
- **Demostración RI2. (por contradicción)**

Normalización - Reglas de Inferencia (Cont.)

- **Reglas de Inferencia.** Propuestas por Armstrong (1974) y conocidas como **"Axiomas de Armstrong"**
  - **RI1 (regla reflexiva).** Si $Y \subseteq X$, entonces $X \rightarrow Y$
  - **RI2 (regla de incremento).** $\{X \rightarrow Y\} \models XZ \rightarrow YZ$
  - **RI3 (regla transitiva).** $\{X \rightarrow Y, Y \rightarrow Z\} \models X \rightarrow Z$
- **Demostración RI1.** Supuestos
  - $Y \subseteq X$
  - t_1, t_2 existen en una instancia $r(R)$ tal que $t_1[X] = t_2[X]$

  Entonces, $t_1[Y] = t_2[Y]$ dado que $Y \subseteq X$; por lo tanto $X \rightarrow Y$ en r.
- **Demostración RI2. (por contradicción)** Supuestos
  - $X \rightarrow Y$ se cumple en $r(R)$
  - $XZ \rightarrow YZ$ NO se cumple en $r(R)$

  Entonces existen t_1, t_2 tal que
  1. $t_1[X] = t_2[X]$
  2. $t_1[Y] = t_2[Y]$
  3. $t_1[XZ] = t_2[XZ]$
  4. $t_1[YZ] \neq t_2[YZ]$

  Esto no es posible dado que de (1) y (3) se deduce (5) $t_1[Z] = t_2[Z]$, y de (2) y (5) se obtiene (6) $t_1[YZ] = t_2[YZ]$, contradiciendo (4)

Normalización - Reglas de Inferencia (Cont.)

- **Demostración RI3.**

Normalización - Reglas de Inferencia (Cont.)

- **Demostración RI3.** Supuestos
  1. $X \rightarrow Y$ se cumple en $r(R)$
  2. $Y \rightarrow Z$ se cumple en $r(R)$

  Entonces para cualquier t_1, t_2 en $r(R)$ tal que $t_1[X]=t_2[X]$, debe pasar que (3) $t_1[Y]=t_2[Y]$ por asunción (1). También se sabe, por (3) y por asunción (2) que $X \rightarrow Z$. Por lo tanto, RI3 se cumple en $r(R)$.

Normalización - Reglas de Inferencia (Cont.)

- **Demostración RI3.** Supuestos
  1. $X \rightarrow Y$ se cumple en $r(R)$
  2. $Y \rightarrow Z$ se cumple en $r(R)$

  Entonces para cualquier t_1, t_2 en $r(R)$ tal que $t_1[X]=t_2[X]$, debe pasar que (3) $t_1[Y]=t_2[Y]$ por asunción (1). También se sabe, por (3) y por asunción (2) que $X \rightarrow Z$. Por lo tanto, RI3 se cumple en $r(R)$.

- **Propiedades.**
  - **Fiable (Sound).** Dado F de R, cualquier DF deducida de F utilizando RI1 a RI3, se cumple en cualquier estado $r(R)$ que satisface F
  - **Completa (Complete).** F^+ puede ser determinado a partir de F aplicando solamente RI1 a RI3

Normalización - Reglas de Inferencia (Cont.)

- **Demostración RI3.** Supuestos
  1. $X \rightarrow Y$ se cumple en $r(R)$
  2. $Y \rightarrow Z$ se cumple en $r(R)$

  Entonces para cualquier t_1, t_2 en $r(R)$ tal que $t_1[X]=t_2[X]$, debe pasar que (3) $t_1[Y]=t_2[Y]$ por asunción (1). También se sabe, por (3) y por asunción (2) que $X \rightarrow Z$. Por lo tanto, RI3 se cumple en $r(R)$.

- **Propiedades.**
  - **Fiable (Sound).** Dado F de R, cualquier DF deducida de F utilizando RI1 a RI3, se cumple en cualquier estado $r(R)$ que satisface F
  - **Completa (Complete).** F^+ puede ser determinado a partir de F aplicando solamente RI1 a RI3

- **Reglas de Inferencia Adicionales.** (corolarios de Armstrong)

Normalización - Reglas de Inferencia (Cont.)

- **Demostración RI3.** Supuestos
  1. $X \to Y$ se cumple en $r(R)$
  2. $Y \to Z$ se cumple en $r(R)$

  Entonces para cualquier t_1, t_2 en $r(R)$ tal que $t_1[X]{=}t_2[X]$, debe pasar que (3) $t_1[Y]{=}t_2[Y]$ por asunción (1). También se sabe, por (3) y por asunción (2) que $X \to Z$. Por lo tanto, RI3 se cumple en $r(R)$.
- **Propiedades.**
  - **Fiable (Sound).** Dado F de R, cualquier DF deducida de F utilizando RI1 a RI3, se cumple en cualquier estado $r(R)$ que satisface F
  - **Completa (Complete).** F^+ puede ser determinado a partir de F aplicando solamente RI1 a RI3
- **Reglas de Inferencia Adicionales.** (corolarios de Armstrong)
  - **RI4 (regla de descomposición o proyección).** $\{X \to YZ\} \models X \to Y$
  - **RI5 (regla de unión o aditiva).** $\{X \to Y, X \to Z\} \models X \to YZ$
  - **RI6 (regla pseudotransitiva).** $\{X \to Y, WY \to Z\} \models WX \to Z$

Normalización - Reglas de Inferencia (Cont.)

- **Demostración RI4.**

Normalización - Reglas de Inferencia (Cont.)

- **Demostración RI4.**
  1. $X \rightarrow YZ$ (hipótesis)
  2. $YZ \rightarrow Y$ (usando RI1 y tomando que $Y \subseteq YZ$)
  3. $X \rightarrow Y$ (usando RI3 sobre (1) y (2))

Normalización - Reglas de Inferencia (Cont.)

- **Demostración RI4.**
  1. $X \rightarrow YZ$ (hipótesis)
  2. $YZ \rightarrow Y$ (usando RI1 y tomando que $Y \subseteq YZ$)
  3. $X \rightarrow Y$ (usando RI3 sobre (1) y (2))
- **Demostración RI5.**

Normalización - Reglas de Inferencia (Cont.)

- **Demostración RI4.**
  1. $X \rightarrow YZ$ (hipótesis)
  2. $YZ \rightarrow Y$ (usando RI1 y tomando que $Y \subseteq YZ$)
  3. $X \rightarrow Y$ (usando RI3 sobre (1) y (2))
- **Demostración RI5.**
  1. $X \rightarrow Y$ (hipótesis)
  2. $X \rightarrow Z$ (hipótesis)
  3. $X \rightarrow XY$ (usando RI2 sobre (1) incrementando con X; notar que $XX = X$)
  4. $XY \rightarrow YZ$ (usando RI2 sobre (2) incrementando con Y)
  5. $X \rightarrow YZ$ (usando RI3 sobre (3) y (4))

Normalización - Reglas de Inferencia (Cont.)

- **Demostración RI4.**
  1. $X \rightarrow YZ$ (hipótesis)
  2. $YZ \rightarrow Y$ (usando RI1 y tomando que $Y \subseteq YZ$)
  3. $X \rightarrow Y$ (usando RI3 sobre (1) y (2))
- **Demostración RI5.**
  1. $X \rightarrow Y$ (hipótesis)
  2. $X \rightarrow Z$ (hipótesis)
  3. $X \rightarrow XY$ (usando RI2 sobre (1) incrementando con X; notar que $XX = X$)
  4. $XY \rightarrow YZ$ (usando RI2 sobre (2) incrementando con Y)
  5. $X \rightarrow YZ$ (usando RI3 sobre (3) y (4))
- **Demostración RI6.**

Normalización - Reglas de Inferencia (Cont.)

- **Demostración RI4.**
  1. $X \rightarrow YZ$ (hipótesis)
  2. $YZ \rightarrow Y$ (usando RI1 y tomando que $Y \subseteq YZ$)
  3. $X \rightarrow Y$ (usando RI3 sobre (1) y (2))
- **Demostración RI5.**
  1. $X \rightarrow Y$ (hipótesis)
  2. $X \rightarrow Z$ (hipótesis)
  3. $X \rightarrow XY$ (usando RI2 sobre (1) incrementando con X; notar que $XX = X$)
  4. $XY \rightarrow YZ$ (usando RI2 sobre (2) incrementando con Y)
  5. $X \rightarrow YZ$ (usando RI3 sobre (3) y (4))
- **Demostración RI6.**
  1. $X \rightarrow Y$ (hipótesis)
  2. $WY \rightarrow Z$ (hipótesis)
  3. $WX \rightarrow WY$ (usando RI2 sobre (1) incrementando con W)
  4. $WX \rightarrow Z$ (usando RI3 sobre (3) y (2))

Normalización - Reglas de Inferencia (Cont.)

- **Demostración RI4.**
  1. $X \rightarrow YZ$ (hipótesis)
  2. $YZ \rightarrow Y$ (usando RI1 y tomando que $Y \subseteq YZ$)
  3. $X \rightarrow Y$ (usando RI3 sobre (1) y (2))
- **Demostración RI5.**
  1. $X \rightarrow Y$ (hipótesis)
  2. $X \rightarrow Z$ (hipótesis)
  3. $X \rightarrow XY$ (usando RI2 sobre (1) incrementando con X; notar que $XX = X$)
  4. $XY \rightarrow YZ$ (usando RI2 sobre (2) incrementando con Y)
  5. $X \rightarrow YZ$ (usando RI3 sobre (3) y (4))
- **Demostración RI6.**
  1. $X \rightarrow Y$ (hipótesis)
  2. $WY \rightarrow Z$ (hipótesis)
  3. $WX \rightarrow WY$ (usando RI2 sobre (1) incrementando con W)
  4. $WX \rightarrow Z$ (usando RI3 sobre (3) y (2))
- **Decidir si es verdadero o falso**

Normalización - Reglas de Inferencia (Cont.)

- **Demostración RI4.**
  1. $X \rightarrow YZ$ (hipótesis)
  2. $YZ \rightarrow Y$ (usando RI1 y tomando que $Y \subseteq YZ$)
  3. $X \rightarrow Y$ (usando RI3 sobre (1) y (2))
- **Demostración RI5.**
  1. $X \rightarrow Y$ (hipótesis)
  2. $X \rightarrow Z$ (hipótesis)
  3. $X \rightarrow XY$ (usando RI2 sobre (1) incrementando con X; notar que $XX = X$)
  4. $XY \rightarrow YZ$ (usando RI2 sobre (2) incrementando con Y)
  5. $X \rightarrow YZ$ (usando RI3 sobre (3) y (4))
- **Demostración RI6.**
  1. $X \rightarrow Y$ (hipótesis)
  2. $WY \rightarrow Z$ (hipótesis)
  3. $WX \rightarrow WY$ (usando RI2 sobre (1) incrementando con W)
  4. $WX \rightarrow Z$ (usando RI3 sobre (3) y (2))
- **Decidir si es verdadero o falso**
  - $X \rightarrow A$ y $Y \rightarrow B$, entonces $XY \rightarrow AB$

Normalización - Reglas de Inferencia (Cont.)

- **Demostración RI4.**
  1. $X \rightarrow YZ$ (hipótesis)
  2. $YZ \rightarrow Y$ (usando RI1 y tomando que $Y \subseteq YZ$)
  3. $X \rightarrow Y$ (usando RI3 sobre (1) y (2))
- **Demostración RI5.**
  1. $X \rightarrow Y$ (hipótesis)
  2. $X \rightarrow Z$ (hipótesis)
  3. $X \rightarrow XY$ (usando RI2 sobre (1) incrementando con X; notar que $XX = X$)
  4. $XY \rightarrow YZ$ (usando RI2 sobre (2) incrementando con Y)
  5. $X \rightarrow YZ$ (usando RI3 sobre (3) y (4))
- **Demostración RI6.**
  1. $X \rightarrow Y$ (hipótesis)
  2. $WY \rightarrow Z$ (hipótesis)
  3. $WX \rightarrow WY$ (usando RI2 sobre (1) incrementando con W)
  4. $WX \rightarrow Z$ (usando RI3 sobre (3) y (2))
- **Decidir si es verdadero o falso**
  - $X \rightarrow A$ y $Y \rightarrow B$, entonces $XY \rightarrow AB$ **verdadero**

Normalización - Reglas de Inferencia (Cont.)

- **Demostración RI4.**
  1. $X \rightarrow YZ$ (hipótesis)
  2. $YZ \rightarrow Y$ (usando RI1 y tomando que $Y \subseteq YZ$)
  3. $X \rightarrow Y$ (usando RI3 sobre (1) y (2))
- **Demostración RI5.**
  1. $X \rightarrow Y$ (hipótesis)
  2. $X \rightarrow Z$ (hipótesis)
  3. $X \rightarrow XY$ (usando RI2 sobre (1) incrementando con X; notar que $XX = X$)
  4. $XY \rightarrow YZ$ (usando RI2 sobre (2) incrementando con Y)
  5. $X \rightarrow YZ$ (usando RI3 sobre (3) y (4))
- **Demostración RI6.**
  1. $X \rightarrow Y$ (hipótesis)
  2. $WY \rightarrow Z$ (hipótesis)
  3. $WX \rightarrow WY$ (usando RI2 sobre (1) incrementando con W)
  4. $WX \rightarrow Z$ (usando RI3 sobre (3) y (2))
- **Decidir si es verdadero o falso**
  - $X \rightarrow A$ y $Y \rightarrow B$, entonces $XY \rightarrow AB$ **verdadero**
  - $XY \rightarrow A$, entonces $X \rightarrow A$ o $Y \rightarrow A$

Normalización - Reglas de Inferencia (Cont.)

- **Demostración RI4.**
  1. $X \rightarrow YZ$ (hipótesis)
  2. $YZ \rightarrow Y$ (usando RI1 y tomando que $Y \subseteq YZ$)
  3. $X \rightarrow Y$ (usando RI3 sobre (1) y (2))
- **Demostración RI5.**
  1. $X \rightarrow Y$ (hipótesis)
  2. $X \rightarrow Z$ (hipótesis)
  3. $X \rightarrow XY$ (usando RI2 sobre (1) incrementando con X; notar que $XX = X$)
  4. $XY \rightarrow YZ$ (usando RI2 sobre (2) incrementando con Y)
  5. $X \rightarrow YZ$ (usando RI3 sobre (3) y (4))
- **Demostración RI6.**
  1. $X \rightarrow Y$ (hipótesis)
  2. $WY \rightarrow Z$ (hipótesis)
  3. $WX \rightarrow WY$ (usando RI2 sobre (1) incrementando con W)
  4. $WX \rightarrow Z$ (usando RI3 sobre (3) y (2))
- **Decidir si es verdadero o falso**
  - $X \rightarrow A$ y $Y \rightarrow B$, entonces $XY \rightarrow AB$ **verdadero**
  - $XY \rightarrow A$, entonces $X \rightarrow A$ o $Y \rightarrow A$ **falso** (¿ejemplo?)

Normalización - Clausura

- **Diseño.** Típicamente
  1. Diseñador especifica conjunto de DFs F determinadas por semántica de atributos de R
  2. Se utilizan RI1 a RI3 para inferir DFs adicionales

Normalización - Clausura

- **Diseño.** Típicamente
  1. Diseñador especifica conjunto de DFs F determinadas por semántica de atributos de R
  2. Se utilizan RI1 a RI3 para inferir DFs adicionales
- ¿Cómo realizar (2) de manera sistemática?

Normalización - Clausura

- **Diseño.** Típicamente
  1. Diseñador especifica conjunto de DFs F determinadas por semántica de atributos de R
  2. Se utilizan RI1 a RI3 para inferir DFs adicionales
- ¿Cómo realizar (2) de manera sistemática?
  - determinar conjunto de atributos X que aparecen del lado izq. de DFs de F
  - determinar conjunto Y de todos los atributos que dependen de X

Normalización - Clausura

- **Diseño.** Típicamente
  1. Diseñador especifica conjunto de DFs F determinadas por semántica de atributos de R
  2. Se utilizan RI1 a RI3 para inferir DFs adicionales
- ¿Cómo realizar (2) de manera sistemática?
  - determinar conjunto de atributos X que aparecen del lado izq. de DFs de F
  - determinar conjunto Y de todos los atributos que dependen de X
- **Clausura de X.** Conjunto de atributos que son determinados por X basados en F. Se nota X^+

Normalización - Clausura

- **Diseño.** Típicamente
  1. Diseñador especifica conjunto de DFs F determinadas por semántica de atributos de R
  2. Se utilizan RI1 a RI3 para inferir DFs adicionales
- ¿Cómo realizar (2) de manera sistemática?
  - determinar conjunto de atributos X que aparecen del lado izq. de DFs de F
  - determinar conjunto Y de todos los atributos que dependen de X
- **Clausura de X.** Conjunto de atributos que son determinados por X basados en F. Se nota X^+
- **Algoritmo Nro. 1** para determinar X^+

Entrada: DFs F de R; subconjunto de atributos X de R

1. $X^+ := X$
2. **repetir**
3. $\quad viejoX^+ := X^+$
4. $\quad$ **Para cada** *DF* $Y \rightarrow Z$ *en* F **hacer**
5. $\quad\quad$ **Si** $Y \subseteq X^+$ **entonces** $X^+ = X^+ \cup Z$
6. **hasta**$(X^+ = viejoX^+)$

Normalización - Clausura (Cont.)

- **Ejemplo.**
  - R=($idClase$, $CodigoCurso$, $Instrumento$, $Puntos$, $Libro$, $Editor$, $Aula$, $Capacidad$)
  - F={

    $DF1$: $idClase \rightarrow \{CodigoCurso, Instrumento, Puntos, Libro, Editor, Aula, Capacidad\}$,

    $DF2$: $CodigoCurso \rightarrow Puntos$,

    $DF3$: $\{CodigoCurso, Instrumento\} \rightarrow \{Libro, Aula\}$,

    $DF4$: $Libro \rightarrow Editor$,

    $DF5$: $Aula \rightarrow Capacidad$

    }

Normalización - Clausura (Cont.)

- **Ejemplo.**
  - $R = (idClase, CodigoCurso, Instrumento, Puntos, Libro, Editor, Aula, Capacidad)$
  - $F = \{$

    $DF1$: $idClase \rightarrow \{CodigoCurso, Instrumento, Puntos, Libro, Editor, Aula, Capacidad\}$,

    $DF2$: $CodigoCurso \rightarrow Puntos$,

    $DF3$: $\{CodigoCurso, Instrumento\} \rightarrow \{Libro, Aula\}$,

    $DF4$: $Libro \rightarrow Editor$,

    $DF5$: $Aula \rightarrow Capacidad$

    $\}$
- Aplicando el algoritmo para obtener X^+
  - $\{idClase\}^+ =$

Normalización - Clausura (Cont.)

- **Ejemplo.**
  - R=($idClase$, $CodigoCurso$, $Instrumento$, $Puntos$, $Libro$, $Editor$, $Aula$, $Capacidad$)
  - F={
    $DF1$: $idClase \rightarrow \{CodigoCurso, Instrumento, Puntos, Libro, Editor, Aula, Capacidad\}$,
    $DF2$: $CodigoCurso \rightarrow Puntos$,
    $DF3$: $\{CodigoCurso, Instrumento\} \rightarrow \{Libro, Aula\}$,
    $DF4$: $Libro \rightarrow Editor$,
    $DF5$: $Aula \rightarrow Capacidad$
    }
- Aplicando el algoritmo para obtener X^+
  - $\{idClase\}^+ = \{idClase, CodigoCurso, Instrumento, Puntos, Libro, Editor, Aula, Capacidad\} = R$

Normalización - Clausura (Cont.)

- **Ejemplo.**
  - R=($idClase$, $CodigoCurso$, $Instrumento$, $Puntos$, $Libro$, $Editor$, $Aula$, $Capacidad$)
  - F={
    $DF1$: $idClase \rightarrow \{CodigoCurso, Instrumento, Puntos, Libro, Editor, Aula, Capacidad\}$,
    $DF2$: $CodigoCurso \rightarrow Puntos$,
    $DF3$: $\{CodigoCurso, Instrumento\} \rightarrow \{Libro, Aula\}$,
    $DF4$: $Libro \rightarrow Editor$,
    $DF5$: $Aula \rightarrow Capacidad$
    }
- Aplicando el algoritmo para obtener X^+
  - $\{idClase\}^+ = \{idClase, CodigoCurso, Instrumento, Puntos, Libro, Editor, Aula, Capacidad\} = R$
  - $\{CodigoCurso\}^+ =$

Normalización - Clausura (Cont.)

- **Ejemplo.**
  - R=($idClase$, $CodigoCurso$, $Instrumento$, $Puntos$, $Libro$, $Editor$, $Aula$, $Capacidad$)
  - F={
    $DF1$: $idClase \rightarrow \{CodigoCurso, Instrumento, Puntos, Libro, Editor, Aula, Capacidad\}$,
    $DF2$: $CodigoCurso \rightarrow Puntos$,
    $DF3$: $\{CodigoCurso, Instrumento\} \rightarrow \{Libro, Aula\}$,
    $DF4$: $Libro \rightarrow Editor$,
    $DF5$: $Aula \rightarrow Capacidad$
    }
- Aplicando el algoritmo para obtener X^+
  - $\{idClase\}^+ = \{idClase, CodigoCurso, Instrumento, Puntos, Libro, Editor, Aula, Capacidad\} = R$
  - $\{CodigoCurso\}^+ = \{CodigoCurso, Puntos\}$

Normalización - Clausura (Cont.)

- **Ejemplo.**
  - R=($idClase$, $CodigoCurso$, $Instrumento$, $Puntos$, $Libro$, $Editor$, $Aula$, $Capacidad$)
  - F={
    $DF1$: $idClase \rightarrow \{CodigoCurso, Instrumento, Puntos, Libro, Editor, Aula, Capacidad\}$,
    $DF2$: $CodigoCurso \rightarrow Puntos$,
    $DF3$: $\{CodigoCurso, Instrumento\} \rightarrow \{Libro, Aula\}$,
    $DF4$: $Libro \rightarrow Editor$,
    $DF5$: $Aula \rightarrow Capacidad$
    }
- Aplicando el algoritmo para obtener X^+
  - $\{idClase\}^+ = \{idClase, CodigoCurso, Instrumento, Puntos, Libro, Editor, Aula, Capacidad\} = R$
  - $\{CodigoCurso\}^+ = \{CodigoCurso, Puntos\}$
  - $\{CodigoCurso, Instrumento\}^+ =$

Normalización - Clausura (Cont.)

- **Ejemplo.**
  - R=($idClase$, $CodigoCurso$, $Instrumento$, $Puntos$, $Libro$, $Editor$, $Aula$, $Capacidad$)
  - F={
    $DF1$: $idClase \rightarrow \{CodigoCurso, Instrumento, Puntos, Libro, Editor, Aula, Capacidad\}$,
    $DF2$: $CodigoCurso \rightarrow Puntos$,
    $DF3$: $\{CodigoCurso, Instrumento\} \rightarrow \{Libro, Aula\}$,
    $DF4$: $Libro \rightarrow Editor$,
    $DF5$: $Aula \rightarrow Capacidad$
    }
- Aplicando el algoritmo para obtener X^+
  - $\{idClase\}^+ = \{idClase, CodigoCurso, Instrumento, Puntos, Libro, Editor, Aula, Capacidad\} = R$
  - $\{CodigoCurso\}^+ = \{CodigoCurso, Puntos\}$
  - $\{CodigoCurso, Instrumento\}^+ =$
    $\{CodigoCurso, Instrumento, Puntos, Libro, Editor, Aula, Capacidad\}$

Normalización - Clausura (Cont.)

- **Ejemplo.**
  - R=($idClase$,$CodigoCurso$,$Instrumento$,$Puntos$,$Libro$,$Editor$,$Aula$,$Capacidad$)
  - F={

    $DF1$: $idClase \rightarrow \{CodigoCurso, Instrumento, Puntos, Libro, Editor, Aula, Capacidad\}$,

    $DF2$: $CodigoCurso \rightarrow Puntos$,

    $DF3$: $\{CodigoCurso, Instrumento\} \rightarrow \{Libro, Aula\}$,

    $DF4$: $Libro \rightarrow Editor$,

    $DF5$: $Aula \rightarrow Capacidad$

    }
- Aplicando el algoritmo para obtener X^+
  - $\{idClase\}^+ = \{idClase, CodigoCurso, Instrumento, Puntos, Libro, Editor, Aula, Capacidad\} = R$
  - $\{CodigoCurso\}^+ = \{CodigoCurso, Puntos\}$
  - $\{CodigoCurso, Instrumento\}^+ =$

    $\{CodigoCurso, Instrumento, Puntos, Libro, Editor, Aula, Capacidad\}$
- **Observación.** Clausura $idClase \notin \{CodigoCurso, Instrumento\}^+$ por lo tanto NO es CK

Normalización - Equivalencia

- **Cubrimiento.** Dados E y F conjuntos de DFs, F **cubre** a E si $(\forall df \in E) df \in F^+$
- **Equivalencia.** Dados E y F conjuntos de DFs, F y E son **equivalentes** si $F^+ = E^+$, es decir, si F **cubre** a E y E **cubre** a F

Normalización - Equivalencia

- **Cubrimiento.** Dados E y F conjuntos de DFs, F **cubre** a E si $(\forall df \in E) df \in F^+$
- **Equivalencia.** Dados E y F conjuntos de DFs, F y E son **equivalentes** si $F^+ = E^+$, es decir, si F **cubre** a E y E **cubre** a F
- **Ejercicio.** Decir si los siguientes conjuntos de DFs son equivalentes
  - $F = \{A \to C, AC \to D, E \to AD, E \to H\}$
  - $G = \{A \to CD, E \to AH\}$

Normalización - Equivalencia

- **Cubrimiento.** Dados E y F conjuntos de DFs, F **cubre** a E si $(\forall df \in E) df \in F^+$
- **Equivalencia.** Dados E y F conjuntos de DFs, F y E son **equivalentes** si $F^+ = E^+$, es decir, si F **cubre** a E y E **cubre** a F
- **Ejercicio.** Decir si los siguientes conjuntos de DFs son equivalentes
  - $F = \{A \rightarrow C, AC \rightarrow D, E \rightarrow AD, E \rightarrow H\}$
  - $G = \{A \rightarrow CD, E \rightarrow AH\}$
- **Metodología.** Para determinar si F **cubre** a G, calcular, para cada DF $X \rightarrow Y$ de G, X^+ con respecto a F . Luego verificar si este X^+ incluye los atributos en Y. Similar razonamiento para verificar si G **cubre** a F

Normalización - Conjunto Minimal de DFs

- $\rightarrow$ Se explicó cómo expandir F a F^+
- $\leftarrow$ Se quiere ver el camino inverso, reducir F a su expresión minimal

Normalización - Conjunto Minimal de DFs

- $\rightarrow$ Se explicó cómo expandir F a F^+
- $\leftarrow$ Se quiere ver el camino inverso, reducir F a su expresión minimal
- **Atributo Extraño.** Atributo que puede ser removido sin alterar la clausura del conjunto de DFs.
- **Formalmente.** Sea $X \rightarrow A$ en F, $Y \subset X$ es **extraño** si F implica lógicamente $(F - \{X \rightarrow A\} \cup \{(X - Y) \rightarrow A\}$

Normalización - Conjunto Minimal de DFs

- $\rightarrow$ Se explicó cómo expandir F a F^+
- $\leftarrow$ Se quiere ver el camino inverso, reducir F a su expresión minimal
- **Atributo Extraño.** Atributo que puede ser removido sin alterar la clausura del conjunto de DFs.
- **Formalmente.** Sea $X \rightarrow A$ en F, $Y \subset X$ es **extraño** si F implica lógicamente $(F - \{X \rightarrow A\} \cup \{(X - Y) \rightarrow A\}$
- **Características de un Conjunto de DFs para ser minimal**
  1. Cada DF de F debe poseer un solo atributo en su lado derecho
  2. No es posible reemplazar niguna DF $X \rightarrow A$ de F por $Y \rightarrow A$, siendo $Y \subset X$, y seguir teniendo un conjunto de DFs equivalente a F
  3. No es posible remover niguna DF de F y seguir teniendo un conjunto de DFs equivalente a F

Normalización - Conjunto Minimal de DFs

- $\rightarrow$ Se explicó cómo expandir F a F^+
- $\leftarrow$ Se quiere ver el camino inverso, reducir F a su expresión minimal
- **Atributo Extraño.** Atributo que puede ser removido sin alterar la clausura del conjunto de DFs.
- **Formalmente.** Sea $X \rightarrow A$ en F, $Y \subset X$ es **extraño** si F implica lógicamente $(F - \{X \rightarrow A\} \cup \{(X - Y) \rightarrow A\}$
- **Características de un Conjunto de DFs para ser minimal**
  1. Cada DF de F debe poseer un solo atributo en su lado derecho
  2. No es posible reemplazar niguna DF $X \rightarrow A$ de F por $Y \rightarrow A$, siendo $Y \subset X$, y seguir teniendo un conjunto de DFs equivalente a F
  3. No es posible remover niguna DF de F y seguir teniendo un conjunto de DFs equivalente a F
- **Intuitivamente.** F *minimal* es un conjunto *canónico* y *sin redundancia*
- **Cubrimiento minimal.** Un **cubrimiento minimal** de F es un conjunto minimal de DFs (en forma canónica y sin redundancia) que es equivalente a F.
- **Existencia.** Siempre es posible hallar al menos un **cubrimiento minimal** F para cualquier conjunto de DFs E usando el siguiente algoritmo

Normalización - Conjunto Minimal de DFs (Cont.)

Algoritmo Nro. 2 Búsqueda de un cubrimiento minimal F para un conjunto de DFs E

Entrada: Conjunto de DFs E

0. $F := E$
1. **Reemplazar** *cada DF* $X \to \{A_1, A_2, \ldots, A_n\}$ *en* F **por** *n DFs* $X \to A_1, X \to A_2, \ldots, X \to A_n$

/*Traslada a todas las DFs a una forma canónica para los pasos subsiguientes*/

2. **Para cada** *DF* $X \to A$ **en** F

    Para cada *atributo* B *que es un* **elemento de** X

        Si $\{F - \{X \to A\}\} \cup \{(X - \{B\}) \to A\}$ *es equivalente a* F

            Entonces reemplazar $X \to A$ **por** $(X - \{B\}) \to A$

/*Remueve al atributo extraño B del lado izquierdo de X siempre que es posible*/

3. **Para cada** *DF* $X \to A$ **en** F

    Si $F - \{X \to A\}$ *es equivalente a* F

        Remover $X \to A$ *de* F

/*Remueve las DF redundantes siempre que es posible*/

Normalización - Conjunto Minimal de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 1.** Sea un conjunto de DFs $E=\{B\rightarrow A, D\rightarrow A, AB\rightarrow D\}$. Encontrar el cubrimiento minimal de E denominado F

Normalización - Conjunto Minimal de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 1.** Sea un conjunto de DFs $E=\{B \rightarrow A, D \rightarrow A, AB \rightarrow D\}$. Encontrar el cubrimiento minimal de E denominado F
  - **Paso (1)** Todas las DFs de E están en forma canónica. No es necesario hacer ningún cambio

Normalización - Conjunto Minimal de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 1.** Sea un conjunto de DFs $E = \{B \rightarrow A, D \rightarrow A, AB \rightarrow D\}$. Encontrar el cubrimiento minimal de E denominado F
  - **Paso (1)** Todas las DFs de E están en forma canónica. No es necesario hacer ningún cambio
  - **Paso (2)** Hay que determinar si $AB \rightarrow D$ posee algún atributo extraño en su lado izquierdo. Esto es, si puede ser reemplazado por $A \rightarrow D$ o $B \rightarrow D$
    - Aplicando RI2 a $B \rightarrow A$, incrementándolo con B, se obtiene $BB \rightarrow AB$ que equivale a (i) $B \rightarrow AB$; Adicionalmente se tiene la DF (ii) $AB \rightarrow D$
    - Aplicando la RI3 (transitiva) sobre (i) y (ii), se obtiene $B \rightarrow D$. Así, $AB \rightarrow D$ puede ser reemplazada por $B \rightarrow D$
    - El conjunto original E puede ser reemplazado por otro equivalente $E' = \{B \rightarrow A, D \rightarrow A, B \rightarrow D\}$
    - No es posible otra reducción ya que todos los lados izquierdos poseen un solo atributo

Normalización - Conjunto Minimal de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 1.** Sea un conjunto de DFs $E = \{B \rightarrow A, D \rightarrow A, AB \rightarrow D\}$. Encontrar el cubrimiento minimal de E denominado F
  - **Paso (1)** Todas las DFs de E están en forma canónica. No es necesario hacer ningún cambio
  - **Paso (2)** Hay que determinar si $AB \rightarrow D$ posee algún atributo extraño en su lado izquierdo. Esto es, si puede ser reemplazado por $A \rightarrow D$ o $B \rightarrow D$
    - Aplicando RI2 a $B \rightarrow A$, incrementándolo con B, se obtiene $BB \rightarrow AB$ que equivale a (i) $B \rightarrow AB$; Adicionalmente se tiene la DF (ii) $AB \rightarrow D$
    - Aplicando la RI3 (transitiva) sobre (i) y (ii), se obtiene $B \rightarrow D$. Así, $AB \rightarrow D$ puede ser reemplazada por $B \rightarrow D$
    - El conjunto original E puede ser reemplazado por otro equivalente $E' = \{B \rightarrow A, D \rightarrow A, B \rightarrow D\}$
    - No es posible otra reducción ya que todos los lados izquierdos poseen un solo atributo
  - **Paso (3)** Usando RI3 (transitiva) sobre $B \rightarrow D$ y $D \rightarrow A$, se infiere $B \rightarrow A$. Por lo tanto $B \rightarrow A$ es redundante y puede ser eliminada de E'

Normalización - Conjunto Minimal de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 1.** Sea un conjunto de DFs $E=\{B\rightarrow A, D\rightarrow A, AB\rightarrow D\}$. Encontrar el cubrimiento minimal de E denominado F
  - **Paso (1)** Todas las DFs de E están en forma canónica. No es necesario hacer ningún cambio
  - **Paso (2)** Hay que determinar si $AB\rightarrow D$ posee algún atributo extraño en su lado izquierdo. Esto es, si puede ser reemplazado por $A\rightarrow D$ o $B\rightarrow D$
    - Aplicando RI2 a $B\rightarrow A$, incrementándolo con B, se obtiene $BB\rightarrow AB$ que equivale a (i) $B\rightarrow AB$; Adicionalmente se tiene la DF (ii) $AB\rightarrow D$
    - Aplicando la RI3 (transitiva) sobre (i) y (ii), se obtiene $B\rightarrow D$. Así, $AB\rightarrow D$ puede ser reemplazada por $B\rightarrow D$
    - El conjunto original E puede ser reemplazado por otro equivalente $E'=\{B\rightarrow A, D\rightarrow A, B\rightarrow D\}$
    - No es posible otra reducción ya que todos los lados izquierdos poseen un solo atributo
  - **Paso (3)** Usando RI3 (transitiva) sobre $B\rightarrow D$ y $D\rightarrow A$, se infiere $B\rightarrow A$. Por lo tanto $B\rightarrow A$ es redundante y puede ser eliminada de E'
  - **Cubrimiento minimal de E.** $F=\{B\rightarrow D, D\rightarrow A\}$

Normalización - Conjunto Minimal de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 2.** Sea un conjunto de DFs $E = \{A \rightarrow BCDE, CD \rightarrow E\}$. Encontrar el cubrimiento minimal de E denominado F

Normalización - Conjunto Minimal de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 2.** Sea un conjunto de DFs $E=\{A \rightarrow BCDE, CD \rightarrow E\}$. Encontrar el cubrimiento minimal de E denominado F
  - **Paso (1)** Al pasar todas las DFs de E a la forma canónica, se obtiene: $E=\{A \rightarrow B, A \rightarrow C, A \rightarrow D, A \rightarrow E, CD \rightarrow E\}$

Normalización - Conjunto Minimal de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 2.** Sea un conjunto de DFs $E{=}\{A{\rightarrow}BCDE, CD{\rightarrow}E\}$. Encontrar el cubrimiento minimal de E denominado F
  - **Paso (1)** Al pasar todas las DFs de E a la forma canónica, se obtiene: $E{=}\{A{\rightarrow}B, A{\rightarrow}C, A{\rightarrow}D, A{\rightarrow}E, CD{\rightarrow}E\}$
  - **Paso (2)** Hay que determinar si $CD{\rightarrow}E$ posee algún atributo extraño en su lado izquierdo. Esto no sucede ya que las DFs $C{\rightarrow}E$ / $D{\rightarrow}E$ no pueden ser derivadas de las otras DFs

Normalización - Conjunto Minimal de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 2.** Sea un conjunto de DFs $E=\{A \to BCDE, CD \to E\}$. Encontrar el cubrimiento minimal de E denominado F
  - **Paso (1)** Al pasar todas las DFs de E a la forma canónica, se obtiene: $E=\{A \to B, A \to C, A \to D, A \to E, CD \to E\}$
  - **Paso (2)** Hay que determinar si $CD \to E$ posee algún atributo extraño en su lado izquierdo. Esto no sucede ya que las DFs $C \to E$ / $D \to E$ no pueden ser derivadas de las otras DFs
  - **Paso (3)** Verificamos si alguna DF es redundante. Dado que $A \to CD$ y $CD \to E$, por RI3 (transitiva) $A \to E$ es redundante.

Normalización - Conjunto Minimal de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 2.** Sea un conjunto de DFs $E=\{A\rightarrow BCDE, CD\rightarrow E\}$. Encontrar el cubrimiento minimal de E denominado F
  - **Paso (1)** Al pasar todas las DFs de E a la forma canónica, se obtiene: $E=\{A\rightarrow B, A\rightarrow C, A\rightarrow D, A\rightarrow E, CD\rightarrow E\}$
  - **Paso (2)** Hay que determinar si $CD\rightarrow E$ posee algún atributo extraño en su lado izquierdo. Esto no sucede ya que las DFs $C\rightarrow E$ / $D\rightarrow E$ no pueden ser derivadas de las otras DFs
  - **Paso (3)** Verificamos si alguna DF es redundante. Dado que $A\rightarrow CD$ y $CD\rightarrow E$, por RI3 (transitiva) $A\rightarrow E$ es redundante.
  - **Cubrimiento minimal de E.** $F=\{A\rightarrow BCD, CD\rightarrow E\}$ (combinando partes derechas)

Normalización - Clave de una Relación

Algoritmo Nro. 3 Búsqueda de una clave K de R a partir de un conjunto de DFs

Normalización - Clave de una Relación

Algoritmo Nro. 3 Búsqueda de una clave K de R a partir de un conjunto de DFs

Entrada: Relación R y un Conjunto de DFs F de R

1. $K := R$
2. **Para** *cada atributo* $A \in K$

   Computar $(K - A)^+$ *con respecto a* F

   Si $(K - A)^+$ *contiene todos los atributos de* R **entonces** $K := K - \{A\}$

Normalización - Clave de una Relación

Algoritmo Nro. 3 Búsqueda de una clave K de R a partir de un conjunto de DFs

Entrada: Relación R y un Conjunto de DFs F de R

1. $K{:=}R$
2. **Para** *cada atributo* $A \in K$
   Computar $(K - A)^+$ *con respecto a* F
      Si $(K - A)^+$ *contiene todos los atributos de* R **entonces** $K := K - \{A\}$

- Algoritmo determina una sola de las CK. Depende fuertemente de la manera en que son removidos los atributos

Normalización - Insuficiencia de formas normales

- **Descomposición.** Es la descomposición de R en un conjunto de esquemas $D=\{R_1,R_2,\ldots,R_m\}$ de R
- **Propiedad deseable Nro. 1.** Se desea **preservación de atributos**

$$\bigcup_{i=1}^{m} R_i = R$$

Normalización - Preservación de DFs

- **Propiedad deseable Nro. 2.** Si $X \rightarrow Y$ en F, es deseable que o bien aparezca en algún esquema R_i de D o bien pueda ser inferida de las DFs de algún esquema R_i
- **Importante.** No es necesario que las DFs de F aparezcan en las R_i de D. Es suficiente que la unión de las DFs de cada R_i de D sea equivalente a F

Normalización - Preservación de DFs

- **Propiedad deseable Nro. 2.** Si $X \rightarrow Y$ en F, es deseable que o bien aparezca en algún esquema R_i de D o bien pueda ser inferida de las DFs de algún esquema R_i
- **Importante.** No es necesario que las DFs de F aparezcan en las R_i de D. Es suficiente que la unión de las DFs de cada R_i de D sea equivalente a F
- **Proyección.** Dado un conjunto de DFs F de R, la proyección de F sobre R_i, denotado como $\pi_{R_i}(F)$ donde R_i es un subconjunto de R, es el conjunto de DFs $X \rightarrow Y$ en F^+ tal que los atributos $(X \cup Y) \subseteq R_i$

Normalización - Preservación de DFs

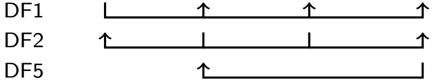
- **Propiedad deseable Nro. 2.** Si $X \to Y$ en F, es deseable que o bien aparezca en algún esquema R_i de D o bien pueda ser inferida de las DFs de algún esquema R_i
- **Importante.** No es necesario que las DFs de F aparezcan en las R_i de D. Es suficiente que la unión de las DFs de cada R_i de D sea equivalente a F
- **Proyección.** Dado un conjunto de DFs F de R, la proyección de F sobre R_i, denotado como $\pi_{R_i}(F)$ donde R_i es un subconjunto de R, es el conjunto de DFs $X \to Y$ en F^+ tal que los atributos $(X \cup Y) \subseteq R_i$
- **Preservación de DFs.** La descomposición $D = \{R_1, R_2, \ldots, R_m\}$ de R **preserva dependencias** con respecto a F si la unión de las proyecciones de F de cada R_i de D es equivalente a F. Es decir, si $(\pi_{R_1}(F) \cup \ldots \cup \pi_{R_m}(F))^+ = F^+$

Normalización - Preservación de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 1.**

  LOTES_1A

id_Nacional	Provincia	id_Provincial	Zonificación



- **Descomposición Boyce-Codd FN (BCFN).**

LOTES_1AX

id_Nacional	Zonificación	id_Provincial

LOTES_1AY

Zonificación	Provincia

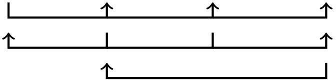
Normalización - Preservación de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 1.**

LOTES_1A

<u>id_Nacional</u>	Provincia	id_Provincial	Zonificación

DF1
DF2
DF5



- **Descomposición Boyce-Codd FN (BCFN).**

LOTES_1AX

<u>id_Nacional</u>	Zonificación	id_Provincial

LOTES_1AY

<u>Zonificación</u>	Provincia

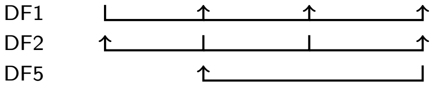
- **¿Esta descomposición preserva atributos?**

Normalización - Preservación de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 1.**

LOTES_1A

id_Nacional	Provincia	id_Provincial	Zonificación



- **Descomposición Boyce-Codd FN (BCFN).**

LOTES_1AX

id_Nacional	Zonificación	id_Provincial

LOTES_1AY

Zonificación	Provincia

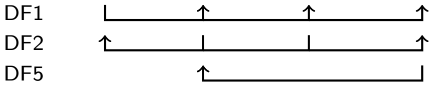
- **¿Esta descomposición preserva atributos?** ¡Sí!

Normalización - Preservación de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 1.**

LOTES_1A

id_Nacional	Provincia	id_Provincial	Zonificación



- **Descomposición Boyce-Codd FN (BCFN).**

LOTES_1AX

id_Nacional	Zonificación	id_Provincial

LOTES_1AY

Zonificación	Provincia

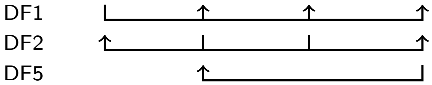
- **¿Esta descomposición preserva atributos?** ¡Sí!
- **¿Esta descomposición preserva DFs?**

Normalización - Preservación de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 1.**

LOTES_1A

id_Nacional	Provincia	id_Provincial	Zonificación



- **Descomposición Boyce-Codd FN (BCFN).**

LOTES_1AX

id_Nacional	Zonificación	id_Provincial

LOTES_1AY

Zonificación	Provincia

- **¿Esta descomposición preserva atributos?** ¡Sí!
- **¿Esta descomposición preserva DFs?** ¡NO! Se pierde DF 2

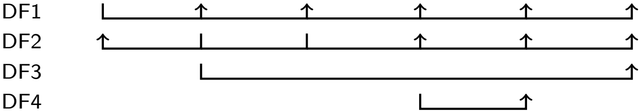
Normalización - Preservación de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 2.**

CK (Provincia, id_Provincial)

LOTES

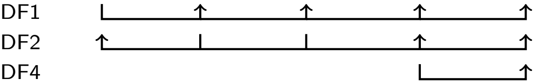
<u>id_Nacional</u>	Provincia	id_Provincial	Zonificación	Precio_m2	Tasa_Impuesto



- **Descomposición en 2FN.**

LOTES_1

<u>id_Nacional</u>	Provincia	id_Provincial	Zonificación	Precio_m2

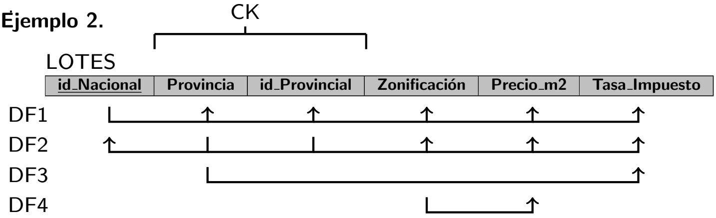


LOTES_2

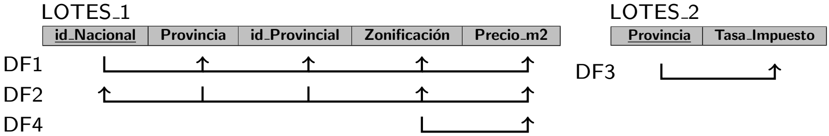
<u>Provincia</u>	Tasa_Impuesto

Normalización - Preservación de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 2.**



- **Descomposición en 2FN.**



- **¿Esta descomposición preserva atributos?**

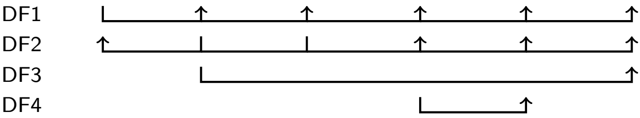
Normalización - Preservación de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 2.**

CK

LOTES

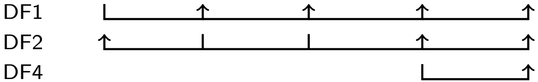
id_Nacional	Provincia	id_Provincial	Zonificación	Precio_m2	Tasa_Impuesto



- **Descomposición en 2FN.**

LOTES_1

id_Nacional	Provincia	id_Provincial	Zonificación	Precio_m2



LOTES_2

Provincia	Tasa_Impuesto

- **¿Esta descomposición preserva atributos?** ¡Sí!

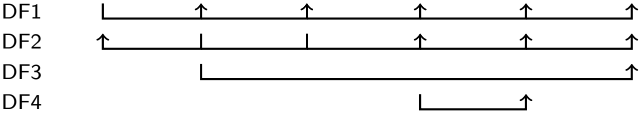
Normalización - Preservación de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 2.**

CK

LOTES

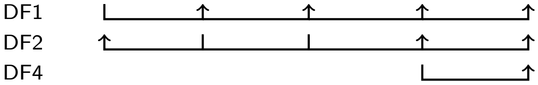
<u>id_Nacional</u>	Provincia	id_Provincial	Zonificación	Precio_m2	Tasa_Impuesto



- **Descomposición en 2FN.**

LOTES_1

<u>id_Nacional</u>	Provincia	id_Provincial	Zonificación	Precio_m2



LOTES_2

<u>Provincia</u>	Tasa_Impuesto

- **¿Esta descomposición preserva atributos?** ¡Sí!
- **¿Esta descomposición preserva DFs?**

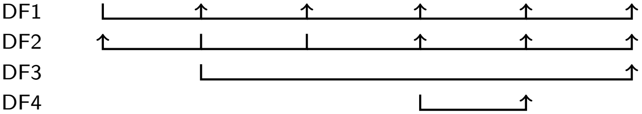
Normalización - Preservación de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 2.**

CK

LOTES

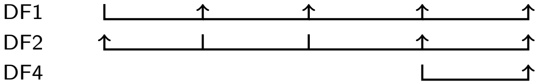
<u>id_Nacional</u>	Provincia	id_Provincial	Zonificación	Precio_m2	Tasa_Impuesto



- **Descomposición en 2FN.**

LOTES_1

<u>id_Nacional</u>	Provincia	id_Provincial	Zonificación	Precio_m2



LOTES_2

<u>Provincia</u>	Tasa_Impuesto

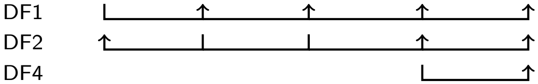
- **¿Esta descomposición preserva atributos?** ¡Sí!
- **¿Esta descomposición preserva DFs?** ¡Sí!

Normalización - Preservación de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 3.**

LOTES_1

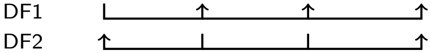
id_Nacional	Provincia	id_Provincial	Zonificación	Precio_m2



- **Descomposición en 3FN.**

LOTES_1A

id_Nacional	Provincia	id_Provincial	Zonificación



LOTES_1B

Zonificación	Precio_m2

Normalización - Preservación de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 3.**

LOTES_1

id_Nacional	Provincia	id_Provincial	Zonificación	Precio_m2

DF1

DF2

DF4

- **Descomposición en 3FN.**

LOTES_1A

id_Nacional	Provincia	id_Provincial	Zonificación

DF1

DF2

LOTES_1B

Zonificación	Precio_m2

DF4

- **¿Esta descomposición preserva atributos?**

Normalización - Preservación de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 3.**

LOTES_1

<u>id_Nacional</u>	Provincia	id_Provincial	Zonificación	Precio_m2

DF1

DF2

DF4

- **Descomposición en 3FN.**

LOTES_1A

<u>id_Nacional</u>	Provincia	id_Provincial	Zonificación

DF1

DF2

LOTES_1B

<u>Zonificación</u>	Precio_m2

DF4

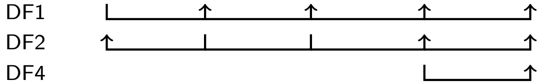
- **¿Esta descomposición preserva atributos?** ¡Sí!

Normalización - Preservación de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 3.**

LOTES_1

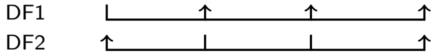
id_Nacional	Provincia	id_Provincial	Zonificación	Precio_m2



- **Descomposición en 3FN.**

LOTES_1A

id_Nacional	Provincia	id_Provincial	Zonificación



LOTES_1B

Zonificación	Precio_m2

- **¿Esta descomposición preserva atributos?** ¡Sí!
- **¿Esta descomposición preserva DFs?**

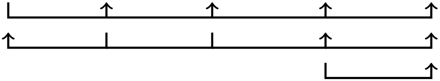
Normalización - Preservación de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 3.**

LOTES_1

id_Nacional	Provincia	id_Provincial	Zonificación	Precio_m2

DF1
DF2
DF4

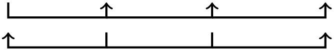


- **Descomposición en 3FN.**

LOTES_1A

id_Nacional	Provincia	id_Provincial	Zonificación

DF1
DF2



LOTES_1B

Zonificación	Precio_m2

DF4

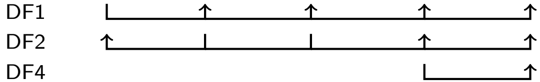
- **¿Esta descomposición preserva atributos?** ¡Sí!
- **¿Esta descomposición preserva DFs?** ¡Sí!

Normalización - Preservación de DFs (Cont.)

- **Ejemplo 3.**

LOTES_1

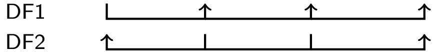
<u>id_Nacional</u>	Provincia	id_Provincial	Zonificación	Precio_m2



- **Descomposición en 3FN.**

LOTES_1A

<u>id_Nacional</u>	Provincia	id_Provincial	Zonificación



LOTES_1B

<u>Zonificación</u>	Precio_m2

- **¿Esta descomposición preserva atributos?** ¡Sí!
- **¿Esta descomposición preserva DFs?** ¡Sí!

Afirmación Nro. 1

Siempre es posible encontrar una descomposición D con preservación de DFs con respecto a F tal que cada R_i en D se encuentre en 3FN

Normalización - Lossless Join

- **Lossless Join informalmente.** El cumplimiento de esta propiedad no permite la generación de tuplas espúreas cuando se realiza un NATURAL JOIN entre las relaciones resultantes de una descomposición
- **Lossless Join formalmente.** Una descomposición $D=\{R_1,R_2,\dots,R_m\}$ de R posee la propiedad **lossless join** con respecto al conjunto de DFs F de R si, para todo estado $r(R)$ que satisface F, se cumple que $\bowtie(\pi_{R_1}(r),\dots,\pi_{R_m}(r))=r$

Normalización - Lossless Join (Cont.)

- **Algoritmo Nro. 4** Chequeo de propiedad Lossless Join

Normalización - Lossless Join (Cont.)

- **Algoritmo Nro. 4** Chequeo de propiedad Lossless Join

Entrada: R, descomposición $D=\{R_1,R_2,\ldots,R_m\}$ de R y un conjunto de DFs F

1. Crear una matriz S con una fila i por cada R_i en D, y una columna j por cada atributo A_j en R
2. **Para todo** i,j **asignar** $S(i,j)=b_{ij}$ /*cada b_{ij} es un elemento distinto de la matriz*/
3. **Para cada** i,j
   Si $A_j \in R_i$ **entonces** $S(i,j)=a_j$ /*distingue a elementos que pertenecen a la relación R_i*/
4. **Repetir hasta** *que un loop completo no genere cambios en S*
   Para cada $X \rightarrow Y$ *en* F
      Para todas *las filas fs en S que <u>tienen los mismos valores</u> en los atributos de X*
         Hacer *que los atributos en fs para cada columna y de Y tengan el mismo valor de la siguiente manera*
            Si *alguna de las fs en y tiene un simbolo a* **entonces asignarlo** *al resto de las fs en y*
            Sino *elegir arbitrariamente un simbolo b de fs en y y* **asignarlo** *al resto de las fs en y*
5. **Si** *alguna fila de S posee la totalidad de elementos a* **entonces** *es* **lossless join**, **caso contrario** *no lo es*

Normalización - Lossless Join (Cont.)

- **Ejemplo 1.** Sean
  - R={E_CUIL,E_Nombre,$P\_Número$,P_Nombre,$P\_Ubicación$,$Horas$}
  - R_1=$EMP\_UBICACION$={E_Nombre,$P\_Ubicación$}
  - R_2=EMP_PROY1={E_CUIL,$P\_Número$,P_Nombre,$P\_Ubicación$,$Horas$}
  - D={R_1,R_2}
  - F={
    $E\_CUIL \rightarrow E\_Nombre$;
    $P\_Número \rightarrow$ {P_Nombre;$P\_Ubicación$};
    {E_CUIL,$P\_Número$} $\rightarrow Horas$;}

Normalización - Lossless Join (Cont.)

- **Ejemplo 1.** Sean
  - R={E_CUIL,E_Nombre,$P\_Número$,P_Nombre,$P\_Ubicación$,$Horas$}
  - R_1=$EMP\_UBICACION$={E_Nombre,$P\_Ubicación$}
  - R_2=EMP_PROY1={E_CUIL,$P\_Número$,P_Nombre,$P\_Ubicación$,$Horas$}
  - D={R_1,R_2}
  - F={
    $E\_CUIL \rightarrow E\_Nombre$;
    $P\_Número \rightarrow$ {P_Nombre;$P\_Ubicación$};
    {E_CUIL,$P\_Número$} $\rightarrow Horas$;}
  - **Paso 1.**

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1						
R_2						

Normalización - Lossless Join (Cont.)

- **Ejemplo 1.** Sean
  - R={E_CUIL,E_Nombre,$P\_Número$,P_Nombre,$P\_Ubicación$,$Horas$}
  - R_1=$EMP\_UBICACION$={E_Nombre,$P\_Ubicación$}
  - R_2=EMP_PROY1={E_CUIL,$P\_Número$,P_Nombre,$P\_Ubicación$,$Horas$}
  - D={R_1,R_2}
  - F={
    $E\_CUIL \rightarrow E\_Nombre$;
    $P\_Número \rightarrow$ {P_Nombre;$P\_Ubicación$};
    {E_CUIL,$P\_Número$} $\rightarrow Horas$;}
  - **Paso 1.**

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1						
R_2						

  - **Paso 2.**

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1	b_{11}	b_{12}	b_{13}	b_{14}	b_{15}	b_{16}
R_2	b_{21}	b_{22}	b_{23}	b_{24}	b_{25}	b_{26}

Normalización - Lossless Join (Cont.)

- **Ejemplo 1.** Sean
  - R={E_CUIL, E_Nombre, $P\_Número$, P_Nombre, $P\_Ubicación$, $Horas$}
  - R_1=$EMP\_UBICACION$={E_Nombre, $P\_Ubicación$}
  - R_2=EMP_PROY1={E_CUIL, $P\_Número$, P_Nombre, $P\_Ubicación$, $Horas$}
  - $D=\{R_1, R_2\}$
  - F={
    $E\_CUIL \rightarrow E\_Nombre$;
    $P\_Número \rightarrow$ {P_Nombre;$P\_Ubicación$};
    {E_CUIL, $P\_Número$} $\rightarrow Horas$;}
  - **Paso 1.**

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1						
R_2						

  - **Paso 2.**

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1	b_{11}	b_{12}	b_{13}	b_{14}	b_{15}	b_{16}
R_2	b_{21}	b_{22}	b_{23}	b_{24}	b_{25}	b_{26}

  - **Paso 3.**

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1	b_{11}	a_2	b_{13}	b_{14}	a_5	b_{16}
R_2	a_1	b_{22}	a_3	a_4	a_5	a_6

Normalización - Lossless Join (Cont.)

- **Ejemplo 1.** Sean
  - R={E_CUIL,E_Nombre,$P\_Número$,P_Nombre,$P\_Ubicación$,$Horas$}
  - R_1=$EMP\_UBICACION$={E_Nombre,$P\_Ubicación$}
  - R_2=EMP_PROY1={E_CUIL,$P\_Número$,P_Nombre,$P\_Ubicación$,$Horas$}
  - D={R_1,R_2}
  - F={
    $E\_CUIL \rightarrow E\_Nombre$;
    $P\_Número \rightarrow \{P\_Nombre; P\_Ubicación\}$;
    $\{E\_CUIL, P\_Número\} \rightarrow Horas$;}
  - **Paso 1.**

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1						
R_2						

  - **Paso 2.**

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1	b_{11}	b_{12}	b_{13}	b_{14}	b_{15}	b_{16}
R_2	b_{21}	b_{22}	b_{23}	b_{24}	b_{25}	b_{26}

  - **Paso 3.**

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1	b_{11}	a_2	b_{13}	b_{14}	a_5	b_{16}
R_2	a_1	b_{22}	a_3	a_4	a_5	a_6

  - **Paso 4.** No modifica ningún símbolo b en a

Normalización - Lossless Join (Cont.)

- **Ejemplo 1.** Sean
  - R={E_CUIL,E_Nombre,$P\_Número$,P_Nombre,$P\_Ubicación$,$Horas$}
  - R_1=$EMP\_UBICACION$={E_Nombre,$P\_Ubicación$}
  - R_2=EMP_PROY1={E_CUIL,$P\_Número$,P_Nombre,$P\_Ubicación$,$Horas$}
  - D={R_1,R_2}
  - F={
    $E\_CUIL \rightarrow E\_Nombre$;
    $P\_Número \rightarrow$ {P_Nombre;$P\_Ubicación$};
    {E_CUIL,$P\_Número$}$\rightarrow Horas$;}
  - **Paso 1.**

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1						
R_2						

  - **Paso 2.**

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1	b_{11}	b_{12}	b_{13}	b_{14}	b_{15}	b_{16}
R_2	b_{21}	b_{22}	b_{23}	b_{24}	b_{25}	b_{26}

  - **Paso 3.**

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1	b_{11}	a_2	b_{13}	b_{14}	a_5	b_{16}
R_2	a_1	b_{22}	a_3	a_4	a_5	a_6

  - **Paso 4.** No modifica ningún símbolo b en a
  - **Paso 5.** No hay ninguna fila en S que posea a en la totalidad de valores, por lo tanto la descomposición no es lossless join

Normalización - Lossless Join (Cont.)

- **Ejemplo 1.** Sean
  - R={E_CUIL,E_Nombre,$P\_Número$,P_Nombre,$P\_Ubicación$,$Horas$}
  - R_1=EMP={E_CUIL,E_Nombre}
  - R_2=$PROY$={$P\_Número$,P_Nombre,$P\_Ubicación$}
  - R_3=$TRABAJA\_EN$={E_CUIL,$P\_Número$,$Horas$}
  - D={R_1,R_2,R_3}
  - F={ $E\_CUIL \rightarrow E\_Nombre$; $P\_Número \rightarrow$ {P_Nombre;$P\_Ubicación$}; {E_CUIL,$P\_Número$} $\rightarrow Horas$;}

Normalización - Lossless Join (Cont.)

- **Ejemplo 1.** Sean
  - $R=\{E\_CUIL, E\_Nombre, P\_Número, P\_Nombre, P\_Ubicación, Horas\}$
  - $R_1=EMP=\{E\_CUIL, E\_Nombre\}$
  - $R_2=PROY=\{P\_Número, P\_Nombre, P\_Ubicación\}$
  - $R_3=TRABAJA\_EN=\{E\_CUIL, P\_Número, Horas\}$
  - $D=\{R_1, R_2, R_3\}$
  - $F=\{\ E\_CUIL \rightarrow E\_Nombre;\ P\_Número \rightarrow \{P\_Nombre; P\_Ubicación\};$ $\{E\_CUIL, P\_Número\} \rightarrow Horas;\}$
  - **Paso 1.**

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1						
R_2						
R_3						

Normalización - Lossless Join (Cont.)

- **Ejemplo 1.** Sean
  - R={E_CUIL,E_Nombre,$P\_Número$,P_Nombre,$P\_Ubicación$,$Horas$}
  - R_1=EMP={E_CUIL,E_Nombre}
  - R_2=$PROY$={$P\_Número$,P_Nombre,$P\_Ubicación$}
  - R_3=$TRABAJA\_EN$={E_CUIL,$P\_Número$,$Horas$}
  - D={R_1,R_2,R_3}
  - F={ $E\_CUIL \rightarrow E\_Nombre$; $P\_Número \rightarrow$ {P_Nombre;$P\_Ubicación$}; {E_CUIL,$P\_Número$}$\rightarrow Horas$;}
  - **Paso 1.**

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1						
R_2						
R_3						

  - **Paso 2.**

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1	b_{11}	b_{12}	b_{13}	b_{14}	b_{15}	b_{16}
R_2	b_{21}	b_{22}	b_{23}	b_{24}	b_{25}	b_{26}
R_3	b_{31}	b_{32}	b_{33}	b_{34}	b_{35}	b_{36}

Normalización - Lossless Join (Cont.)

- **Ejemplo 1.** Sean
  - R={E_CUIL,E_Nombre,$P\_Número$,P_Nombre,$P\_Ubicación$,$Horas$}
  - R_1=EMP={E_CUIL,E_Nombre}
  - R_2=$PROY$={$P\_Número$,P_Nombre,$P\_Ubicación$}
  - R_3=$TRABAJA\_EN$={E_CUIL,$P\_Número$,$Horas$}
  - $D=\{R_1, R_2, R_3\}$
  - F={ $E\_CUIL \rightarrow E\_Nombre$; $P\_Número \rightarrow$ {P_Nombre;$P\_Ubicación$}; {E_CUIL,$P\_Número$} $\rightarrow Horas$;}
  - **Paso 1.**

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1						
R_2						
R_3						

  - **Paso 2.**

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1	b_{11}	b_{12}	b_{13}	b_{14}	b_{15}	b_{16}
R_2	b_{21}	b_{22}	b_{23}	b_{24}	b_{25}	b_{26}
R_3	b_{31}	b_{32}	b_{33}	b_{34}	b_{35}	b_{36}

  - **Paso 3.**

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1	a_1	a_2	b_{13}	b_{14}	b_{15}	b_{16}
R_2	b_{21}	b_{22}	a_3	a_4	a_5	b_{26}
R_3	a_1	b_{32}	a_3	b_{34}	b_{35}	a_6

Normalización - Lossless Join (Cont.)

- **Ejemplo 1.** Sean
  - R={E_CUIL,E_Nombre,$P\_Número$,P_Nombre,$P\_Ubicación$,$Horas$}
  - R_1=EMP={E_CUIL,E_Nombre}
  - R_2=$PROY$={$P\_Número$,P_Nombre,$P\_Ubicación$}
  - R_3=$TRABAJA\_EN$={E_CUIL,$P\_Número$,$Horas$}
  - D={R_1,R_2,R_3}
  - F={ $E\_CUIL \rightarrow E\_Nombre$; $P\_Número \rightarrow$ {P_Nombre;$P\_Ubicación$}; {E_CUIL,$P\_Número$} $\rightarrow Horas$;}

Normalización - Lossless Join (Cont.)

- **Ejemplo 1.** Sean
  - R={E_CUIL, E_Nombre, $P\_Número$, P_Nombre, $P\_Ubicación$, $Horas$}
  - R_1=EMP={E_CUIL, E_Nombre}
  - R_2=$PROY$={$P\_Número$, P_Nombre, $P\_Ubicación$}
  - R_3=$TRABAJA\_EN$={E_CUIL, $P\_Número$, $Horas$}
  - D={R_1, R_2, R_3}
  - F={ $E\_CUIL \rightarrow E\_Nombre$; $P\_Número \rightarrow$ {P_Nombre; $P\_Ubicación$}; {E_CUIL, $P\_Número$} $\rightarrow Horas$;}
  - **Paso 4.** $E\_CUIL \rightarrow E\_Nombre$

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1	a_1	a_2	b_{13}	b_{14}	b_{15}	b_{16}
R_2	b_{21}	b_{22}	a_3	a_4	a_5	b_{26}
R_3	a_1	$\cancel{b_{32}}$ a_2	a_3	b_{34}	b_{35}	a_6

Normalización - Lossless Join (Cont.)

- **Ejemplo 1.** Sean
  - $R=\{E\_CUIL, E\_Nombre, P\_Número, P\_Nombre, P\_Ubicación, Horas\}$
  - $R_1=EMP=\{E\_CUIL, E\_Nombre\}$
  - $R_2=PROY=\{P\_Número, P\_Nombre, P\_Ubicación\}$
  - $R_3=TRABAJA\_EN=\{E\_CUIL, P\_Número, Horas\}$
  - $D=\{R_1, R_2, R_3\}$
  - $F=\{\ E\_CUIL \rightarrow E\_Nombre;\ P\_Número \rightarrow \{P\_Nombre; P\_Ubicación\};$ $\{E\_CUIL, P\_Número\} \rightarrow Horas;\}$
  - **Paso 4.** $E\_CUIL \rightarrow E\_Nombre$

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1	a_1	a_2	b_{13}	b_{14}	b_{15}	b_{16}
R_2	b_{21}	b_{22}	a_3	a_4	a_5	b_{26}
R_3	a_1	$\cancel{b_{32}}$ a_2	a_3	b_{34}	b_{35}	a_6

  - **Paso 4.** $P\_Número \rightarrow \{P\_Nombre; P\_Ubicación\}$

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1	a_1	a_2	b_{13}	b_{14}	b_{15}	b_{16}
R_2	b_{21}	b_{22}	a_3	a_4	a_5	b_{26}
R_3	a_1	$\cancel{b_{32}}$ a_2	a_3	$\cancel{b_{34}}$ a_4	$\cancel{b_{35}}$ a_5	a_6

Normalización - Lossless Join (Cont.)

- **Ejemplo 1.** Sean
  - $R=\{E\_CUIL, E\_Nombre, P\_Número, P\_Nombre, P\_Ubicación, Horas\}$
  - $R_1=EMP=\{E\_CUIL, E\_Nombre\}$
  - $R_2=PROY=\{P\_Número, P\_Nombre, P\_Ubicación\}$
  - $R_3=TRABAJA\_EN=\{E\_CUIL, P\_Número, Horas\}$
  - $D=\{R_1, R_2, R_3\}$
  - $F=\{\ E\_CUIL \rightarrow E\_Nombre;\ P\_Número \rightarrow \{P\_Nombre; P\_Ubicación\};$ $\{E\_CUIL, P\_Número\} \rightarrow Horas;\}$
  - **Paso 4.** $E\_CUIL \rightarrow E\_Nombre$

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1	a_1	a_2	b_{13}	b_{14}	b_{15}	b_{16}
R_2	b_{21}	b_{22}	a_3	a_4	a_5	b_{26}
R_3	a_1	$\cancel{b_{32}}\ a_2$	a_3	b_{34}	b_{35}	a_6

  - **Paso 4.** $P\_Número \rightarrow \{P\_Nombre; P\_Ubicación\}$

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1	a_1	a_2	b_{13}	b_{14}	b_{15}	b_{16}
R_2	b_{21}	b_{22}	a_3	a_4	a_5	b_{26}
R_3	a_1	$\cancel{b_{32}}\ a_2$	a_3	$\cancel{b_{34}}\ a_4$	$\cancel{b_{35}}\ a_5$	a_6

  - **Paso 4.** $\{E\_CUIL, P\_Número\} \rightarrow Horas$ no produce cambios en S

Normalización - Lossless Join (Cont.)

- **Ejemplo 1.** Sean
  - R={$E\_CUIL, E\_Nombre, P\_Número, P\_Nombre, P\_Ubicación, Horas$}
  - R_1=EMP={E_CUIL, E_Nombre}
  - R_2=$PROY$={$P\_Número, P\_Nombre, P\_Ubicación$}
  - R_3=$TRABAJA\_EN$={$E\_CUIL, P\_Número, Horas$}
  - D={R_1, R_2, R_3}
  - F={ $E\_CUIL \rightarrow E\_Nombre$; $P\_Número \rightarrow$ {$P\_Nombre; P\_Ubicación$}; {$E\_CUIL, P\_Número$} $\rightarrow Horas$;}
  - **Paso 4.** $E\_CUIL \rightarrow E\_Nombre$

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1	a_1	a_2	b_{13}	b_{14}	b_{15}	b_{16}
R_2	b_{21}	b_{22}	a_3	a_4	a_5	b_{26}
R_3	a_1	$\cancel{b_{32}}$ a_2	a_3	b_{34}	b_{35}	a_6

  - **Paso 4.** $P\_Número \rightarrow$ {$P\_Nombre; P\_Ubicación$}

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1	a_1	a_2	b_{13}	b_{14}	b_{15}	b_{16}
R_2	b_{21}	b_{22}	a_3	a_4	a_5	b_{26}
R_3	a_1	$\cancel{b_{32}}$ a_2	a_3	$\cancel{b_{34}}$ a_4	$\cancel{b_{35}}$ a_5	a_6

  - **Paso 4.** {$E\_CUIL, P\_Número$} $\rightarrow Horas$ no produce cambios en S
  - **Paso 4.** Nueva vuelta sobre TODAS las DFs F no produce cambios en S

Normalización - Lossless Join (Cont.)

- **Ejemplo 1.** Sean
  - R={E_CUIL,E_Nombre,$P\_Número$,P_Nombre,$P\_Ubicación$,$Horas$}
  - R_1=EMP={E_CUIL,E_Nombre}
  - R_2=$PROY$={$P\_Número$,P_Nombre,$P\_Ubicación$}
  - R_3=$TRABAJA\_EN$={E_CUIL,$P\_Número$,$Horas$}
  - D={R_1,R_2,R_3}
  - F={ $E\_CUIL \rightarrow E\_Nombre$; $P\_Número \rightarrow$ {P_Nombre;$P\_Ubicación$}; {E_CUIL,$P\_Número$}$\rightarrow Horas$;}
  - **Paso 4.** $E\_CUIL \rightarrow E\_Nombre$

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1	a_1	a_2	b_{13}	b_{14}	b_{15}	b_{16}
R_2	b_{21}	b_{22}	a_3	a_4	a_5	b_{26}
R_3	a_1	$\cancel{b_{32}}$ a_2	a_3	b_{34}	b_{35}	a_6

  - **Paso 4.** $P\_Número \rightarrow$ {P_Nombre;$P\_Ubicación$}

	E_CUIL	E_Nombre	P_Número	P_Nombre	P_Ubicación	Horas
R_1	a_1	a_2	b_{13}	b_{14}	b_{15}	b_{16}
R_2	b_{21}	b_{22}	a_3	a_4	a_5	b_{26}
R_3	a_1	$\cancel{b_{32}}$ a_2	a_3	$\cancel{b_{34}}$ a_4	$\cancel{b_{35}}$ a_5	a_6

  - **Paso 4.** {E_CUIL,$P\_Número$}$\rightarrow Horas$ no produce cambios en S
  - **Paso 4.** Nueva vuelta sobre TODAS las DFs F no produce cambios en S
  - **Paso 5.** Última fila de S posee la totalidad de sus valores en a, por lo tanto la descomposición es lossless join

Normalización - Lossless Join para Descomposición Binaria

- **Caso especial.** Existe algoritmo más sencillo en caso de descomposición binaria
- **Limitación.** Sólo descomposición binaria
- **Chequeo Lossless Join para descomposición binaria.** También denominado NJB (Nonadditive Join Test for Binary Decompositions)
- **NJB.** Una descomposición $D=\{R_1,R_2\}$ de R cumple con la propiedad de lossless join, con respecto a un conjunto de DFs F de R sí y sólo sí
  - La DF $(R_1 \cap R_2 \rightarrow R_1 - R_2) \in F^+$,o
  - La DF $(R_1 \cap R_2 \rightarrow R_2 - R_1) \in F^+$

Normalización - Lossless Join para Descomposición Binaria

- **Ejemplo.**

CURSADA

<u>Estudiante</u>	<u>Materia</u>	Instructor

DF1

DF2

- **Descomposición 1.** (Estudiante en ambas relaciones)

<u>Estudiante</u>	<u>Instructor</u>

<u>Estudiante</u>	<u>Materia</u>

Normalización - Lossless Join para Descomposición Binaria

- **Ejemplo.**

CURSADA

<u>Estudiante</u>	<u>Materia</u>	Instructor

DF1

DF2

- **Descomposición 1.** (Estudiante en ambas relaciones)

<u>Estudiante</u>	<u>Instructor</u>

<u>Estudiante</u>	<u>Materia</u>

  - La DF $(R_1 \cap R_2 \rightarrow R_1 - R_2) \in F^+ \equiv (Estudiante \rightarrow Intructor) \in F^+$,o
  - La DF $(R_1 \cap R_2 \rightarrow R_2 - R_1) \in F^+ \equiv (Estudiante \rightarrow Materia) \in F^+$

Normalización - Lossless Join para Descomposición Binaria

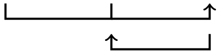
- **Ejemplo.**

CURSADA

<u>Estudiante</u>	<u>Materia</u>	Instructor

DF1

DF2



- **Descomposición 1.** (Estudiante en ambas relaciones)

<u>Estudiante</u>	<u>Instructor</u>

<u>Estudiante</u>	<u>Materia</u>

  - La DF $(R_1 \cap R_2 \rightarrow R_1 - R_2) \in F^+ \equiv (Estudiante \rightarrow Intructor) \in F^+$,o
  - La DF $(R_1 \cap R_2 \rightarrow R_2 - R_1) \in F^+ \equiv (Estudiante \rightarrow Materia) \in F^+$

- Descomposición 1 ¿Cumple Lossless join?

Normalización - Lossless Join para Descomposición Binaria

- **Ejemplo.**

  CURSADA

Estudiante	Materia	Instructor

DF1

DF2

- **Descomposición 1.** (Estudiante en ambas relaciones)

Estudiante	Instructor

Estudiante	Materia

  - La DF $(R_1 \cap R_2 \rightarrow R_1 - R_2) \in F^+ \equiv (Estudiante \rightarrow Intructor) \in F^+$,o
  - La DF $(R_1 \cap R_2 \rightarrow R_2 - R_1) \in F^+ \equiv (Estudiante \rightarrow Materia) \in F^+$

- Descomposición 1 ¿Cumple Lossless join? ¡No! porque no cumple con ninguna de las dos condiciones

Normalización - Lossless Join para Descomposición Binaria

- **Ejemplo.**

CURSADA

Estudiante	Materia	Instructor

DF1: Estudiante, Materia → Instructor

DF2: Instructor → Materia

- **Descomposición 2.** (Materia en ambas relaciones)

Materia	Instructor

Materia	Estudiante

Normalización - Lossless Join para Descomposición Binaria

- **Ejemplo.**

CURSADA

Estudiante	Materia	Instructor

DF1

DF2

- **Descomposición 2.** (Materia en ambas relaciones)

Materia	Instructor

Materia	Estudiante

  - La DF $(R_1 \cap R_2 \to R_1 - R_2) \in F^+ \equiv (Materia \to Intructor) \in F^+$,o
  - La DF $(R_1 \cap R_2 \to R_2 - R_1) \in F^+ \equiv (Materia \to Estudiante) \in F^+$

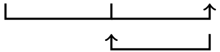
Normalización - Lossless Join para Descomposición Binaria

- **Ejemplo.**

CURSADA

Estudiante	Materia	Instructor

DF1
DF2



- **Descomposición 2.** (Materia en ambas relaciones)

Materia	Instructor

Materia	Estudiante

  - La DF $(R_1 \cap R_2 \rightarrow R_1 - R_2) \in F^+ \equiv (Materia \rightarrow Intructor) \in F^+$,o
  - La DF $(R_1 \cap R_2 \rightarrow R_2 - R_1) \in F^+ \equiv (Materia \rightarrow Estudiante) \in F^+$

- Descomposición 2 ¿Cumple Lossless join?

Normalización - Lossless Join para Descomposición Binaria

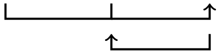
- **Ejemplo.**

CURSADA

Estudiante	Materia	Instructor

DF1

DF2



- **Descomposición 2.** (Materia en ambas relaciones)

Materia	Instructor

Materia	Estudiante

  - La DF $(R_1 \cap R_2 \rightarrow R_1 - R_2) \in F^+ \equiv (Materia \rightarrow Intructor) \in F^+$,o
  - La DF $(R_1 \cap R_2 \rightarrow R_2 - R_1) \in F^+ \equiv (Materia \rightarrow Estudiante) \in F^+$

- Descomposición 2 ¿Cumple Lossless join? ¡No! porque no cumple con ninguna de las dos condiciones

Normalización - Lossless Join para Descomposición Binaria

- **Ejemplo.**

CURSADA

<u>Estudiante</u>	<u>Materia</u>	Instructor

DF1

DF2

- **Descomposición 3.** (Instructor en ambas relaciones)

<u>Instructor</u>	Materia

<u>Instructor</u>	<u>Estudiante</u>

Normalización - Lossless Join para Descomposición Binaria

- **Ejemplo.**

CURSADA

Estudiante	Materia	Instructor

DF1

DF2

- **Descomposición 3.** (Instructor en ambas relaciones)

Instructor	Materia

Instructor	Estudiante

  - La DF $(R_1 \cap R_2 \rightarrow R_1 - R_2) \in F^+ \equiv (Instructor \rightarrow Materia) \in F^+$,o
  - La DF $(R_1 \cap R_2 \rightarrow R_2 - R_1) \in F^+ \equiv (Instructor \rightarrow Estudiante) \in F^+$

Normalización - Lossless Join para Descomposición Binaria

- **Ejemplo.**

CURSADA

<u>Estudiante</u>	<u>Materia</u>	Instructor

DF1

DF2

- **Descomposición 3.** (Instructor en ambas relaciones)

<u>Instructor</u>	Materia

<u>Instructor</u>	<u>Estudiante</u>

  - La DF $(R_1 \cap R_2 \rightarrow R_1 - R_2) \in F^+ \equiv (Instructor \rightarrow Materia) \in F^+$,o
  - La DF $(R_1 \cap R_2 \rightarrow R_2 - R_1) \in F^+ \equiv (Instructor \rightarrow Estudiante) \in F^+$

- Descomposición 3 ¿Cumple Lossless join?

Normalización - Lossless Join para Descomposición Binaria

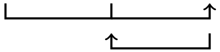
- **Ejemplo.**

CURSADA

Estudiante	Materia	Instructor

DF1

DF2



- **Descomposición 3.** (Instructor en ambas relaciones)

Instructor	Materia

Instructor	Estudiante

  - La DF $(R_1 \cap R_2 \rightarrow R_1 - R_2) \in F^+ \equiv (Instructor \rightarrow Materia) \in F^+$,o
  - La DF $(R_1 \cap R_2 \rightarrow R_2 - R_1) \in F^+ \equiv (Instructor \rightarrow Estudiante) \in F^+$

- Descomposición 3 ¿Cumple Lossless join? ¡Sí! porque se cumple al menos una de las dos condiciones: $(Instructor \rightarrow Materia) \in F^+$

Normalización - Lossless Join - Descomposiciones sucesivas

- **Recapitulando.** En ejemplos previos utilizamos descomposiciones sucesivas al pasar a R a 2FN y luego a 3FN

Afirmación Nro. 2

Si se cumplen las siguientes condiciones:

- Una descomposición $D=\{R_1,R_2,\ldots,R_m\}$ de R cumple la propiedad de lossless join con respecto a F de R
- Una descomposición $D_i=\{Q_1,Q_2,\ldots,Q_k\}$ de R_i cumple la propiedad de lossless join con respecto a la proyección de F sobre R_i

Entonces la descomposición $D_2=\{R_1,R_2,\ldots R_{i-1},Q_1,Q_2,\ldots,Q_k,R_{i+1},\ldots,R_m\}$ de R cumple con la propiedad lossless join con respecto a F de R

Normalización - Algoritmos Diseño 1 - 3FN

- **Algoritmo Nro. D1** Descomposición en 3FN

Normalización - Algoritmos Diseño 1 - 3FN

- **Algoritmo Nro. D1** Descomposición en 3FN

Entrada: R universal y un conjunto de DFs F sobre R

1. Hallar el cubrimiento minimal G de F (utilizar algoritmo ya dado)
2. **Para cada** *lado izquierdo X de cada DF que aparece en G*
   Crear *una relación en D con atributos* $\{X \cup \{A_1\} \cup \{A_2\} \cup \ldots \cup \{A_k\}\}$
   siendo $X \rightarrow A_1, X \rightarrow A_2, \ldots, X \rightarrow A_k$ *las únicas dependencias*
   en G con X como lado izquierdo (*X es la clave de esta relación*)
3. **Si** *ninguna relación en D contiene una clave de R*
   entonces *crear una relación adicional en D que contenga*
   atributos que formen una clave de R (se puede utilizar algoritmo ya dado)
4. **Eliminar** *relaciones redundantes de D. Una relación R de D es redundante si R es una proyección de otra relación S de D*

Normalización - Algoritmos Diseño 1 - 3FN (Cont.)

- **Ejemplo 1.**
  - U={E_CUIL,$P\_Número$,$E\_Salario$,$E\_Teléfono$,$D\_Número$,P_Nombre,$P\_Ubicación$}
  - F={ $FD1$: $E\_CUIL \rightarrow$ {$E\_Salario$,$E\_Teléfono$,$D\_Número$},
    $FD2$: $P\_Número \rightarrow$ {P_Nombre,$P\_Ubicación$},
    $FD3$:{E_CUIL,$P\_Número$} $\rightarrow$ {$E\_Salario$,$E\_Teléfono$,$D\_Número$,P_Nombre,$P\_Ubicación$}}
  - {E_CUIL,$P\_Número$} representa una clave de la relación U (por $FD3$)

Normalización - Algoritmos Diseño 1 - 3FN (Cont.)

- **Ejemplo 1.**
  - U={E_CUIL,$P\_Número$,$E\_Salario$,$E\_Teléfono$,$D\_Número$,P_Nombre,$P\_Ubicación$}
  - F={ $FD1$: E_CUIL→{$E\_Salario$,$E\_Teléfono$,$D\_Número$},
    $FD2$: $P\_Número$→{P_Nombre,$P\_Ubicación$},
    $FD3$:{E_CUIL,$P\_Número$}→{$E\_Salario$,$E\_Teléfono$,$D\_Número$,P_Nombre,$P\_Ubicación$}}
  - {E_CUIL,$P\_Número$} representa una clave de la relación U (por $FD3$)
  - **Paso 1.** Aplicando algoritmo de minimal cover, en su paso 3 se observa
    - $P\_Número$ es atributo extraño en {E_CUIL,$P\_Número$}→{$E\_Salario$,$E\_Teléfono$,$D\_Número$}
    - E_CUIL es atributo extraño en {E_CUIL,$P\_Número$}→{P_Nombre,$P\_Ubicación$}
    - Así, cubrimiento minimal = FD1 y FD2 (FD3 es redundante). Agrupando atributos con mismo lado izq. en una sola DF:

  Cubrimiento minimal G={E_CUIL→{$E\_Salario$,$E\_Teléfono$,$D\_Número$},
  $P\_Número$→{P_Nombre,$P\_Ubicación$}}

Normalización - Algoritmos Diseño 1 - 3FN (Cont.)

- **Ejemplo 1.**
  - U={E_CUIL, $P\_Número$, $E\_Salario$, $E\_Teléfono$, $D\_Número$, P_Nombre, $P\_Ubicación$}
  - F={ $FD1$: $E\_CUIL \rightarrow${$E\_Salario$, $E\_Teléfono$, $D\_Número$},
    $FD2$: $P\_Número \rightarrow${P_Nombre, $P\_Ubicación$},
    $FD3$:{E_CUIL, $P\_Número$}$\rightarrow${$E\_Salario$, $E\_Teléfono$, $D\_Número$, P_Nombre, $P\_Ubicación$}}
  - {E_CUIL, $P\_Número$} representa una clave de la relación U (por $FD3$)
  - **Paso 1.** Aplicando algoritmo de minimal cover, en su paso 3 se observa
    - $P\_Número$ es atributo extraño en {E_CUIL, $P\_Número$}$\rightarrow${$E\_Salario$, $E\_Teléfono$, $D\_Número$}
    - E_CUIL es atributo extraño en {E_CUIL, $P\_Número$}$\rightarrow${P_Nombre, $P\_Ubicación$}
    - Así, cubrimiento minimal = FD1 y FD2 (FD3 es redundante). Agrupando atributos con mismo lado izq. en una sola DF:

  Cubrimiento minimal G={$E\_CUIL \rightarrow${$E\_Salario$, $E\_Teléfono$, $D\_Número$},
  $P\_Número \rightarrow${P_Nombre, $P\_Ubicación$}}
  - **Paso 2.** Producir relaciones R_1 y R_2
    - R_1=($\underline{E\_CUIL}$, $E\_Salario$, $E\_Teléfono$, $D\_Número$)
    - R_2=($\underline{P\_Número}$, P_Nombre, $P\_Ubicación$)

Normalización - Algoritmos Diseño 1 - 3FN (Cont.)

- **Ejemplo 1.**
  - U={E_CUIL,$P\_Número$,$E\_Salario$,$E\_Teléfono$,$D\_Número$,P_Nombre,$P\_Ubicación$}
  - F={ $FD1$: $E\_CUIL \rightarrow$ {$E\_Salario$,$E\_Teléfono$,$D\_Número$},
    $FD2$: $P\_Número \rightarrow$ {P_Nombre,$P\_Ubicación$},
    $FD3$:{E_CUIL,$P\_Número$} $\rightarrow$ {$E\_Salario$,$E\_Teléfono$,$D\_Número$,P_Nombre,$P\_Ubicación$}}
  - {E_CUIL,$P\_Número$} representa una clave de la relación U (por $FD3$)
  - **Paso 1.** Aplicando algoritmo de minimal cover, en su paso 3 se observa
    - $P\_Número$ es atributo extraño en {E_CUIL,$P\_Número$} $\rightarrow$ {$E\_Salario$,$E\_Teléfono$,$D\_Número$}
    - E_CUIL es atributo extraño en {E_CUIL,$P\_Número$} $\rightarrow$ {P_Nombre,$P\_Ubicación$}
    - Así, cubrimiento minimal = FD1 y FD2 (FD3 es redundante). Agrupando atributos con mismo lado izq. en una sola DF:

  Cubrimiento minimal G={$E\_CUIL \rightarrow$ {$E\_Salario$,$E\_Teléfono$,$D\_Número$},
  $P\_Número \rightarrow$ {P_Nombre,$P\_Ubicación$}}
  - **Paso 2.** Producir relaciones R_1 y R_2
    - R_1=($\underline{E\_CUIL}$,$E\_Salario$,$E\_Teléfono$,$D\_Número$)
    - R_2=($\underline{P\_Número}$,P_Nombre,$P\_Ubicación$)
  - **Paso 3.** Generar R_3 adicional con clave de U. Obteniendo finalmente:
    - R_1=($\underline{E\_CUIL}$,$E\_Salario$,$E\_Teléfono$,$D\_Número$)
    - R_2=($\underline{P\_Número}$,P_Nombre,$P\_Ubicación$)
    - R_3=($\underline{E\_CUIL}$,$\underline{P\_Número}$)

Normalización - Algoritmos Diseño 1 - 3FN (Cont.)

- **Ejemplo 2.A.**
  - $U=\{id\_Nacional, Provincia, id\_Provincial, Zonificación\}$
  - $F=\{$ $FD1$: $id\_Nacional \rightarrow \{Provincia, id\_Provincial, Zonificación\}$,
    $FD2$: $\{Provincia, id\_Provincial\} \rightarrow \{id\_Nacional, Zonificación\}$,
    $FD3$: $Zonificación \rightarrow Provincia\}$
  - Abreviaremos $N=id\_Nacional, V=Provincia, P=id\_Provincial, Z=Zonificación\}$
  - $F=\{N \rightarrow VPZ, VP \rightarrow NZ, Z \rightarrow V\}$

Normalización - Algoritmos Diseño 1 - 3FN (Cont.)

- **Ejemplo 2.A.**
  - $U=\{id\_Nacional, Provincia, id\_Provincial, Zonificación\}$
  - $F=\{$ $FD1$: $id\_Nacional \rightarrow \{Provincia, id\_Provincial, Zonificación\}$,
    $FD2$: $\{Provincia, id\_Provincial\} \rightarrow \{id\_Nacional, Zonificación\}$,
    $FD3$: $Zonificación \rightarrow Provincia\}$
  - Abreviaremos $N=id\_Nacional, V=Provincia, P=id\_Provincial, Z=Zonificación\}$
  - $F=\{N \rightarrow VPZ, VP \rightarrow NZ, Z \rightarrow V\}$
  - **Paso 1.**
    - Aplicando algoritmo de minimal cover, en su paso 2 se obtiene $F=\{N \rightarrow V, N \rightarrow P, N \rightarrow Z, VP \rightarrow N, VP \rightarrow Z, Z \rightarrow V\}$
    - Y en su paso 4, se observa que $N \rightarrow Z$ es redundante (se obtiene por transitividad de $N \rightarrow VP$ y $VP \rightarrow Z$)
    - Así *Cubrimiento minimal* $G=\{N \rightarrow VP, VP \rightarrow NZ, Z \rightarrow V\}$

Normalización - Algoritmos Diseño 1 - 3FN (Cont.)

- **Ejemplo 2.A.**
  - $U=\{id\_Nacional, Provincia, id\_Provincial, Zonificación\}$
  - $F=\{$ $FD1$: $id\_Nacional \rightarrow \{Provincia, id\_Provincial, Zonificación\}$,
    $FD2$: $\{Provincia, id\_Provincial\} \rightarrow \{id\_Nacional, Zonificación\}$,
    $FD3$: $Zonificación \rightarrow Provincia\}$
  - Abreviaremos $N=id\_Nacional, V=Provincia, P=id\_Provincial, Z=Zonificación\}$
  - $F=\{N \rightarrow VPZ, VP \rightarrow NZ, Z \rightarrow V\}$
  - **Paso 1.**
    - Aplicando algoritmo de minimal cover, en su paso 2 se obtiene $F=\{N \rightarrow V, N \rightarrow P, N \rightarrow Z, VP \rightarrow N, VP \rightarrow Z, Z \rightarrow V\}$
    - Y en su paso 4, se observa que $N \rightarrow Z$ es redundante (se obtiene por transitividad de $N \rightarrow VP$ y $VP \rightarrow Z$)
    - Así $Cubrimiento\ minimal\ G=\{N \rightarrow VP, VP \rightarrow NZ, Z \rightarrow V\}$
  - **Paso 2.** Producir relaciones R_1, R_2 y R_3
    - $R_1=(\underline{N}, V, P)$
    - $R_2=(\underline{V}, \underline{P}, N, Z)$
    - $R_3=(\underline{Z}, V)$

Normalización - Algoritmos Diseño 1 - 3FN (Cont.)

- **Ejemplo 2.A.**
  - $U=\{id\_Nacional, Provincia, id\_Provincial, Zonificación\}$
  - $F=\{$ $FD1$: $id\_Nacional \rightarrow \{Provincia, id\_Provincial, Zonificación\}$,
    $FD2$: $\{Provincia, id\_Provincial\} \rightarrow \{id\_Nacional, Zonificación\}$,
    $FD3$: $Zonificación \rightarrow Provincia\}$
  - Abreviaremos $N=id\_Nacional, V=Provincia, P=id\_Provincial, Z=Zonificación\}$
  - $F=\{N \rightarrow VPZ, VP \rightarrow NZ, Z \rightarrow V\}$
  - **Paso 1.**
    - Aplicando algoritmo de minimal cover, en su paso 2 se obtiene $F=\{N \rightarrow V, N \rightarrow P, N \rightarrow Z, VP \rightarrow N, VP \rightarrow Z, Z \rightarrow V\}$
    - Y en su paso 4, se observa que $N \rightarrow Z$ es redundante (se obtiene por transitividad de $N \rightarrow VP$ y $VP \rightarrow Z$)
    - Así $Cubrimiento\ minimal\ G=\{N \rightarrow VP, VP \rightarrow NZ, Z \rightarrow V\}$
  - **Paso 2.** Producir relaciones R_1, R_2 y R_3
    - $R_1=(\underline{N}, V, P)$
    - $R_2=(\underline{V}, \underline{P}, N, Z)$
    - $R_3=(\underline{Z}, V)$
  - **Paso 4.** R_3 y R_1 ambas son proyecciones de R_2. Por lo tanto, ambas son redundantes

Normalización - Algoritmos Diseño 1 - 3FN (Cont.)

- **Ejemplo 2.A.**
  - $U=\{id\_Nacional, Provincia, id\_Provincial, Zonificación\}$
  - $F=\{$ $FD1$: $id\_Nacional \rightarrow \{Provincia, id\_Provincial, Zonificación\}$,
    $FD2$: $\{Provincia, id\_Provincial\} \rightarrow \{id\_Nacional, Zonificación\}$,
    $FD3$: $Zonificación \rightarrow Provincia\}$
  - Abreviaremos $N=id\_Nacional, V=Provincia, P=id\_Provincial, Z=Zonificación\}$
  - $F=\{N \rightarrow VPZ, VP \rightarrow NZ, Z \rightarrow V\}$
  - **Paso 1.**
    - Aplicando algoritmo de minimal cover, en su paso 2 se obtiene $F=\{N \rightarrow V, N \rightarrow P, N \rightarrow Z, VP \rightarrow N, VP \rightarrow Z, Z \rightarrow V\}$
    - Y en su paso 4, se observa que $N \rightarrow Z$ es redundante (se obtiene por transitividad de $N \rightarrow VP$ y $VP \rightarrow Z$)
    - Así *Cubrimiento minimal* $G=\{N \rightarrow VP, VP \rightarrow NZ, Z \rightarrow V\}$
  - **Paso 2.** Producir relaciones R_1, R_2 y R_3
    - $R_1=(\underline{N}, V, P)$
    - $R_2=(\underline{V}, \underline{P}, N, Z)$
    - $R_3=(\underline{Z}, V)$
  - **Paso 4.** R_3 y R_1 ambas son proyecciones de R_2. Por lo tanto, ambas son redundantes
  - Así, la descomposición obtenida en 3FN es $R_2=(\underline{V}, \underline{P}, N, Z)$
    ¡Que es idéntica a la original!

Normalización - Algoritmos Diseño 1 - 3FN (Cont.)

- **Ejemplo 2.B.**
  - U={$id\_Nacional$,$Provincia$,$id\_Provincial$,$Zonificación$}
  - F={ $FD1$: $id\_Nacional \rightarrow$ {$Provincia$,$id\_Provincial$,$Zonificación$},
    $FD2$:{$Provincia$,$id\_Provincial$} $\rightarrow$ {$id\_Nacional$,$Zonificación$},
    $FD3$:$Zonificación \rightarrow Provincia$}
  - Abreviaremos N=$id\_Nacional$, V=$Provincia$, P=$id\_Provincial$, Z=$Zonificación$}
  - $F=\{N \rightarrow VPZ, VP \rightarrow NZ, Z \rightarrow V\}$

Normalización - Algoritmos Diseño 1 - 3FN (Cont.)

- **Ejemplo 2.B.**
  - $U=\{id\_Nacional, Provincia, id\_Provincial, Zonificación\}$
  - $F=\{$ $FD1$: $id\_Nacional \rightarrow \{Provincia, id\_Provincial, Zonificación\}$,
    $FD2$: $\{Provincia, id\_Provincial\} \rightarrow \{id\_Nacional, Zonificación\}$,
    $FD3$: $Zonificación \rightarrow Provincia\}$
  - Abreviaremos $N{=}id\_Nacional, V{=}Provincia, P{=}id\_Provincial, Z{=}Zonificación\}$
  - $F=\{N \rightarrow VPZ, VP \rightarrow NZ, Z \rightarrow V\}$
  - **Paso 1.**
    - Aplicando algoritmo de minimal cover, en su paso 2 se obtiene $F=\{N \rightarrow V, N \rightarrow P, N \rightarrow Z, VP \rightarrow N, VP \rightarrow Z, Z \rightarrow V\}$
    - Y en su paso 4, de manera alternativa, se observa que $VP \rightarrow Z$ es redundante (se obtiene por transitividad de $VP \rightarrow N$ y $N \rightarrow Z$)
    - También $N \rightarrow V$ es redundante (transitividad de $N \rightarrow Z$ y $Z \rightarrow V$)
    - Así, se obtiene un cubrimiento minimal alternativo: *Cubrimiento minimal* $G=\{N \rightarrow PZ, VP \rightarrow N, Z \rightarrow V\}$

Normalización - Algoritmos Diseño 1 - 3FN (Cont.)

- **Ejemplo 2.B.**
  - $U=\{id\_Nacional, Provincia, id\_Provincial, Zonificación\}$
  - $F=\{$ $FD1$: $id\_Nacional \rightarrow \{Provincia, id\_Provincial, Zonificación\}$,
    $FD2$: $\{Provincia, id\_Provincial\} \rightarrow \{id\_Nacional, Zonificación\}$,
    $FD3$: $Zonificación \rightarrow Provincia\}$
  - Abreviaremos $N=id\_Nacional, V=Provincia, P=id\_Provincial, Z=Zonificación\}$
  - $F=\{N \rightarrow VPZ, VP \rightarrow NZ, Z \rightarrow V\}$
  - **Paso 1.**
    - Aplicando algoritmo de minimal cover, en su paso 2 se obtiene $F=\{N \rightarrow V, N \rightarrow P, N \rightarrow Z, VP \rightarrow N, VP \rightarrow Z, Z \rightarrow V\}$
    - Y en su paso 4, de manera alternativa, se observa que $VP \rightarrow Z$ es redundante (se obtiene por transitividad de $VP \rightarrow N$ y $N \rightarrow Z$)
    - También $N \rightarrow V$ es redundante (transitividad de $N \rightarrow Z$ y $Z \rightarrow V$)
    - Así, se obtiene un cubrimiento minimal alternativo: *Cubrimiento minimal* $G=\{N \rightarrow PZ, VP \rightarrow N, Z \rightarrow V\}$
  - **Paso 2.** Producir relaciones R_1, R_2 y R_3
    - $R_1=(\underline{N}, P, Z)$
    - $R_2=(\underline{V}, \underline{P}, N)$
    - $R_3=(\underline{Z}, V)$

Normalización - Algoritmos Diseño 1 - 3FN (Cont.)

- **Ejemplo 2.B.**
  - $U=\{id\_Nacional, Provincia, id\_Provincial, Zonificación\}$
  - $F=\{$ $FD1$: $id\_Nacional \rightarrow \{Provincia, id\_Provincial, Zonificación\}$,
    $FD2$: $\{Provincia, id\_Provincial\} \rightarrow \{id\_Nacional, Zonificación\}$,
    $FD3$: $Zonificación \rightarrow Provincia\}$
  - Abreviaremos $N=id\_Nacional, V=Provincia, P=id\_Provincial, Z=Zonificación\}$
  - $F=\{N \rightarrow VPZ, VP \rightarrow NZ, Z \rightarrow V\}$
  - **Paso 1.**
    - Aplicando algoritmo de minimal cover, en su paso 2 se obtiene $F=\{N \rightarrow V, N \rightarrow P, N \rightarrow Z, VP \rightarrow N, VP \rightarrow Z, Z \rightarrow V\}$
    - Y en su paso 4, de manera alternativa, se observa que $VP \rightarrow Z$ es redundante (se obtiene por transitividad de $VP \rightarrow N$ y $N \rightarrow Z$)
    - También $N \rightarrow V$ es redundante (transitividad de $N \rightarrow Z$ y $Z \rightarrow V$)
    - Así, se obtiene un cubrimiento minimal alternativo: *Cubrimiento minimal* $G=\{N \rightarrow PZ, VP \rightarrow N, Z \rightarrow V\}$
  - **Paso 2.** Producir relaciones R_1, R_2 y R_3
    - $R_1=(\underline{N}, P, Z)$
    - $R_2=(\underline{V}, \underline{P}, N)$
    - $R_3=(\underline{Z}, V)$
  - **Paso 4.** Ninguna es proyecciones de otra. Por lo tanto, es el resultado final

Normalización - Algoritmos Diseño 1 - 3FN (Cont.)

- **Ejemplo 2.B.**
  - $U=\{id\_Nacional, Provincia, id\_Provincial, Zonificación\}$
  - $F=\{$ $FD1$: $id\_Nacional \rightarrow \{Provincia, id\_Provincial, Zonificación\}$,
    $FD2$: $\{Provincia, id\_Provincial\} \rightarrow \{id\_Nacional, Zonificación\}$,
    $FD3$: $Zonificación \rightarrow Provincia\}$
  - Abreviaremos $N=id\_Nacional, V=Provincia, P=id\_Provincial, Z=Zonificación\}$
  - $F=\{N \rightarrow VPZ, VP \rightarrow NZ, Z \rightarrow V\}$
  - **Paso 1.**
    - Aplicando algoritmo de minimal cover, en su paso 2 se obtiene $F=\{N \rightarrow V, N \rightarrow P, N \rightarrow Z, VP \rightarrow N, VP \rightarrow Z, Z \rightarrow V\}$
    - Y en su paso 4, de manera alternativa, se observa que $VP \rightarrow Z$ es redundante (se obtiene por transitividad de $VP \rightarrow N$ y $N \rightarrow Z$)
    - También $N \rightarrow V$ es redundante (transitividad de $N \rightarrow Z$ y $Z \rightarrow V$)
    - Así, se obtiene un cubrimiento minimal alternativo: *Cubrimiento minimal* $G=\{N \rightarrow PZ, VP \rightarrow N, Z \rightarrow V\}$
  - **Paso 2.** Producir relaciones R_1, R_2 y R_3
    - $R_1=(\underline{N}, P, Z)$
    - $R_2=(\underline{V}, \underline{P}, N)$
    - $R_3=(\underline{Z}, V)$
  - **Paso 4.** Ninguna es proyecciones de otra. Por lo tanto, es el resultado final ¡Pero difiere del ejemplo anterior!

Normalización - Algoritmos Diseño 1 - 3FN (Cont.)

- **Ejemplo 2.B.**
  - $U=\{id\_Nacional, Provincia, id\_Provincial, Zonificación\}$
  - $F=\{$ $FD1$: $id\_Nacional \rightarrow \{Provincia, id\_Provincial, Zonificación\}$,
    $FD2$: $\{Provincia, id\_Provincial\} \rightarrow \{id\_Nacional, Zonificación\}$,
    $FD3$: $Zonificación \rightarrow Provincia\}$
  - Abreviaremos $N=id\_Nacional, V=Provincia, P=id\_Provincial, Z=Zonificación\}$
  - $F=\{N \rightarrow VPZ, VP \rightarrow NZ, Z \rightarrow V\}$
  - cubrimiento minimal alternativo: *Cubrimiento minimal* $G=\{N \rightarrow PZ, VP \rightarrow N, Z \rightarrow V\}$
  - **Resultado.**
    - $R_1=(\underline{N}, P, Z)$
    - $R_2=(\underline{V}, \underline{P}, N)$
    - $R_3=(\underline{Z}, V)$

Normalización - Algoritmos Diseño 1 - 3FN (Cont.)

- **Ejemplo 2.B.**
  - $U=\{id\_Nacional, Provincia, id\_Provincial, Zonificación\}$
  - $F=\{$ $FD1$: $id\_Nacional \rightarrow \{Provincia, id\_Provincial, Zonificación\}$,
    $FD2$: $\{Provincia, id\_Provincial\} \rightarrow \{id\_Nacional, Zonificación\}$,
    $FD3$: $Zonificación \rightarrow Provincia\}$
  - Abreviaremos $N=id\_Nacional, V=Provincia, P=id\_Provincial, Z=Zonificación\}$
  - $F=\{N \rightarrow VPZ, VP \rightarrow NZ, Z \rightarrow V\}$
  - cubrimiento minimal alternativo: *Cubrimiento minimal* $G=\{N \rightarrow PZ, VP \rightarrow N, Z \rightarrow V\}$
  - **Resultado.**
    - $R_1=(\underline{N}, P, Z)$
    - $R_2=(\underline{V}, \underline{P}, N)$
    - $R_3=(\underline{Z}, V)$
  - **Observaciones.**
    1. Se preservan las DFs
    2. Se encuentran en BCFN
    3. R_2 es redundante en presencia de R_1 y R_3. Sin embargo, R_2 no se puede eliminar dado que no es proyección de las otras dos relaciones
    4. R_2 es importante ya que mantiene las dos CK juntas
    5. R_2 mantiene la DF $VP \rightarrow N$ que se perdería si eliminamos dicha relación

Normalización - Algoritmos Diseño 1 - 3FN

Conclusiones.

- Con el algoritmo, partiendo del mismo conjunto de DFs, se puede generar más de un diseño (Ejemplo 2.A. vs Ejemplo 2.B.)
- En algunos casos, algoritmo puede producir diseños que cumplen con BCFN (incluyendo relaciones que mantienen la preservación de DFs)

Normalización - Algoritmos Diseño 2 - BCFN

- **Algoritmo Nro. D2** Descomposición en BCFN

Normalización - Algoritmos Diseño 2 - BCFN

- **Algoritmo Nro. D2** Descomposición en BCFN

Entrada: R universal y un conjunto de DFs F sobre R

1. $D := \{R\}$
2. **Mientras** $(\exists Q \in D)$ *Q no cumple BCFN* {
   Seleccionar $Q \in D$ *que no cumple BCFN*;
   Encontrar *DF* $X \rightarrow Y$ *en Q que no cumple con BCFN*;
   Reemplazar Q *en D por la siguientes dos relaciones*: $(Q - Y)$ *y* $(X \cup Y)$;
   };

Normalización - Algoritmos Diseño 2 - BCFN

- **Algoritmo Nro. D2** Descomposición en BCFN

  Entrada: R universal y un conjunto de DFs F sobre R

  1. $D := \{R\}$
  2. **Mientras** $(\exists Q \in D)$ *Q no cumple BCFN* {
     Seleccionar $Q \in D$ *que no cumple BCFN*;
     Encontrar *DF* $X \rightarrow Y$ *en* Q *que no cumple con BCFN*;
     Reemplazar Q *en* D *por la siguientes dos relaciones*: $(Q - Y)$ *y* $(X \cup Y)$;
  };

- En base a la propiedad NJB (descomposición binaria) y a la Afirmación Nro. 2 D cumple con la propiedad lossless join

Normalización - Algoritmos Diseño 2 - BCFN

- **Ejemplo.**
  - $R = \{\underline{Estudiante}, \underline{Materia}, Instructor\}$
  - $F = \{ \; FD1: \{Estudiante, Materia\} \rightarrow Instructor,$
    $FD2: Instructor \rightarrow Materia\}$

Normalización - Algoritmos Diseño 2 - BCFN

- **Ejemplo.**
  - $R = \{\underline{Estudiante}, \underline{Materia}, Instructor\}$
  - $F = \{\ FD1 : \{Estudiante, Materia\} \rightarrow Instructor,$
    $FD2 : Instructor \rightarrow Materia\}$
- Aplicando el algoritmo se obtiene
  - $R_1 = (\underline{Estudiante}, \underline{Instructor})$
  - $R_2 = (\underline{Instructor}, Materia)$

Normalización - Algoritmos Diseño 2 - BCFN

- **Ejemplo.**
  - $R = \{\underline{Estudiante}, \underline{Materia}, Instructor\}$
  - $F = \{\ FD1: \{Estudiante, Materia\} \rightarrow Instructor,$
    $FD2: Instructor \rightarrow Materia\}$
- Aplicando el algoritmo se obtiene
  - $R_1 = (\underline{Estudiante}, \underline{Instructor})$
  - $R_2 = (\underline{Instructor}, Materia)$

Importante

La teoría de lossless join se basa en la asunción de que no existen valores NULL en los atributos de JOIN

Normalización - Algoritmos Diseño

- **Algortimo D1.** Descompone relación universal R cumpliendo:
  - 3FN
  - Preservación de DFs
  - Lossless Join
- **Algortimo D2.** Descompone relación universal R cumpliendo:
  - BCFN
  - Lossless Join
- No es posible diseñar algoritmo que produzca una descomposición en BCFN con preservación DFs y Lossless Join

Normalización - Bibliografía

- Capítulo 15 (hasta 15.3 inclusive) Elmasri/Navathe - Fundamentals of Database Systems, 7th Ed., Pearson, 2015.